



**FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

**Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente**

---

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS CENTRALIZADOS E  
DESCENTRALIZADOS DE VALORIZAÇÃO DE CHORUMES DE  
SUINICULTURAS, UTILIZANDO O *SOFTWARE* UMBERTO**

---

**VERA LÚCIA CRUCHINHO DURÃO**

**Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária**

**Orientador:**

**Professor Doutor Nuno Lapa, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL**

**Lisboa, 2009**



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quero agradecer ao orientador deste trabalho, Professor Doutor Nuno Lapa, que aceitou o desafio de orientar um estudo que pretendia questionar soluções instituídas. Além disso, agradeço o apoio e a atenção disponibilizada sempre que foi necessário.

Agradeço à CEIFA *ambiente*, Lda., empresa de acolhimento durante o período que fui bolseira da Fundação da Ciência e Tecnologia, na pessoa da Dra. Suhita Osório Peters e do Director João Caixinhas, a possibilidade de ter tido a referida bolsa de investigação, bem como todo o apoio e incentivo que foi dado a este estudo.

Agradeço ao Dr. Eloy Fassi Casagrande que foi ao início co-orientador na empresa e contribuiu para a decisão sobre o tema a estudar e ao Dr. Peter Mueller-Beilschmidt do IFU GmbH (Alemanha) o apoio que me prestou na utilização do *software* UMBERTO.

Agradeço à Câmara Municipal de Torres Vedras, principalmente na pessoa da Eng.<sup>a</sup> Carla Ribeiro o interesse no tema, a disponibilidade e a cedência de dados sobre as suiniculturas do Concelho. Sem esta colaboração o presente trabalho não poderia ter sido realizado.

Por fim, mas não menos importante, deixo um agradecimento muito especial e sentido aos meus pais pelas oportunidades que desde sempre me proporcionaram, bem como ao meu marido, pois sem o apoio de ambos não teria conseguido coordenar as minhas obrigações profissionais e familiares de forma a dispensar à elaboração deste trabalho o tempo que ele exigiu.

A todos, bem-haja.



## SUMÁRIO

A análise de fluxos de materiais (AFM) é hoje em dia uma metodologia de base na investigação, aplicando ao sistema produtivo o paradigma do metabolismo. Esta metodologia estuda sistemas de processos, dando especial atenção aos fluxos de materiais e energia que neles existem, bem como à relação do sistema com o meio, com vista à busca de pontos de optimização dos sistemas.

Por outro lado, a digestão anaeróbia vem-se afirmando como alternativa viável e economicamente interessante para o tratamento de resíduos orgânicos. Os chorumes de suinicultura têm um elevado potencial de produção de biogás. No entanto, actualmente eles constituem um problema, mais do que uma solução, pois a sua gestão é geralmente efectuada de modo que além de não aproveitarem o potencial energético, têm consequências ambientais graves.

O desafio de elaborar o presente trabalho surgiu da expectativa de estudar comparativamente cenários alternativos para a gestão de chorumes de suiniculturas, na região de Torres Vedras. Realizou-se a AFM de dois sistemas alternativos de gestão, que diferiam na dimensão das soluções adoptadas.

Desde 2007, a publicação da Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais (ENEAPAI), impulsionou a implementação de soluções, principalmente nas zonas prioritárias. A região Oeste é uma das regiões prioritárias para a resolução do problema dos efluentes agro-pecuários e agro-industriais e também a zona de enquadramento da empresa que acolheu o estudo, pelo que foi o alvo da presente dissertação.

Dos cenários modelados (apoiados numa pesquisa bibliográfica) concluiu-se que neste caso concreto a diferença em termos de fluxos de materiais e de energia não era significativa. Cada cenário apresenta vantagens e desvantagens importantes:

- ✓ O cenário com uma única estação beneficia de uma economia de escala, apresentando custos de investimento e de operação (anuais) substancialmente inferiores;
- ✓ O cenário com duas estações implica custos fixos mais elevados, mas custos de transporte mais baixos. Globalmente, os custos anuais deste cenário são inferiores. Além disso, em caso de catástrofe ou falha de um dos sistemas, proporciona alternativas e não concentra a carga poluente num único local, o que é uma vantagem estratégica de gestão e uma vantagem na prevenção/minimização de riscos ambientais.

De futuro teria interesse modelar um cenário com mais descentralizado e verificar os seus prós e contras. Seria ainda importante estudar os potenciais de optimização dos circuitos de recolha dos chorumes com vista à avaliação completa e realista dos cenários assumidos.

## ABSTRACT

Material Flow Analysis (MFA) is nowadays a base methodology in research, applying the metabolism paradigm to the productive system. This methodology examines process systems, paying special attention to its materials and energy flows, as well as the relation of the system with its environment, searching for optimization points.

Anaerobic digestion has settled itself as an economically interesting solution for the treatment of organic waste. Pig manure has a high potential for biogas production. However, currently this is a problem rather than a solution, as its management is generally carried out in a way that does not seize the potential energy and causes serious environmental impacts.

The challenge to develop this work was born from the expectation to study alternative scenarios for pig manure management, in the region of Torres Vedras. It was developed an MFA study for two alternative management systems that differed in the dimension of the adopted solutions.

Since 2007, the publication of the National Strategy for Farming and Agro-Industrial Effluents (ENEAPAI) has stimulated the implementation of solutions, mainly in priority zones. The West Region is one of the priority regions for the resolution of the problem of farming and agro-industrial effluents and it is also the framing region of the company who received the study, so this was the target region of the present thesis.

From the modelling of scenarios (after bibliographical research) it was possible to conclude that in this case the materials and energy flows differences were not significant. Each scenario presented important advantages and disadvantages:

- ✓ The scenario with one only treatment station benefits of a scale economy, presenting investment and operation (annual) costs substantially lower;
- ✓ The scenario with two stations implies higher fixed costs, but lower transport costs. Globally, the annual costs of this scene are lower. Moreover, in case of catastrophe or if one of the systems fails, this scenario provides alternatives and it does not concentrate the pollutant load in the same place. This is a strategic management advantage and an advantage in the prevention/minimization of environmental risks

For future developments, it would be interesting to do the modelling of a scenario with higher decentralized character in order to verify its advantages and disadvantages. It would also be important to study the optimization potentials of the pigs manure collection circuits so that the evaluation of the studied scenarios would be more complete and realistic.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AFM – Análise de fluxos de materiais

a.C. – antes de Cristo

ACV – Avaliação de ciclo de vida

AIRO – Associação Industrial da Região do Oeste

CCDR – LVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CQO – Carência Química de Oxigénio

d.C. – depois de Cristo

DL – Decreto-Lei

ECB – Estação centralizada de biogás

ENEAPAI – Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

INR – Instituto Nacional dos Resíduos

MAOTDR – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

MADRP Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas

NUT – Nomenclatura de unidade territorial

PDM – Plano director municipal

PIB – Produto interno bruto

PROTOVT – Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

tep – Tonelada equivalente de petróleo

TMRG – Tempo mínimo de retenção garantida

UE – União Europeia





## ÍNDICE DE MATÉRIAS

ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS.....	1
1   DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	3
2   A ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS E O SOFTWARE UMBERTO .....	5
2.1   O CONCEITO DE “METABOLISMO INDUSTRIAL” .....	5
2.2   A ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS - AFM .....	6
2.3   ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS VERSUS AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (AFM vs ACV) .....	7
2.4   O SOFTWARE UMBERTO .....	8
2.5   A ORIGEM DO SOFTWARE.....	8
2.6   UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE.....	9
2.6.1   Principais objectivos do UMBERTO .....	9
2.6.2   Funções básicas do UMBERTO .....	9
3   A DIGESTÃO ANAERÓBIA.....	13
3.1   HISTÓRIA DA DIGESTÃO ANAERÓBIA .....	13
3.2   O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS E A DIGESTÃO ANAERÓBIA EM PORTUGAL.....	14
3.3   O PROCESSO DA DIGESTÃO ANAERÓBIA .....	17
3.3.1   Fase Hidrolítica (Hidrólise e Acidogénese) .....	18
3.3.2   Fase Acetogénica.....	19
3.3.3   Fase Metanogénica.....	19
3.4   OS PRODUTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA .....	19
3.4.1   Biogás .....	20
3.4.2   Digerido.....	21
3.4.3   Fibra .....	21
3.4.4   Líquido Clarificado.....	22
3.5   HIGIENIZAÇÃO DOS PRODUTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA.....	22
3.6   A ESCALA DAS INSTALAÇÕES.....	23
4   O SECTOR DA SUINICULTURA EM PORTUGAL.....	27
5   ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO .....	33
5.1   A REGIÃO OESTE .....	33
5.2   O CONCELHO DE TORRES VEDRAS .....	35
5.3   A SUINICULTURA EM TORRES VEDRAS.....	37
6   METODOLOGIA.....	41
6.1   DEFINIÇÃO DA ÁREA GEOGRÁFICA A ESTUDAR .....	41
6.2   RECOLHA DE INFORMAÇÃO .....	42

<b>6.3</b>	<b>CONSTRUÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE E CENÁRIOS ALTERNATIVOS NO SOFTWARE</b>	
	<b>UMBERTO</b>	<b>47</b>
6.3.1	Cenários modelados	47
6.3.2	Localização das ETARs	48
6.3.3	Transporte	48
6.3.4	Linha de tratamento	49
6.3.5	Transposição da informação reunida para a modelação no UMBERTO	52
7	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	55
8	CONCLUSÕES	67
9	BIBLIOGRAFIA	69
	ANEXO I – SECÇÃO DA CARTA À ESCALA 1:100 000 DO INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS (TORRES VEDRAS, FOLHA 30)	75
	ANEXO II– DIMENSIONAMENTO DAS ETAR	79
	<b>ETAR CENTRALIZADA</b>	<b>79</b>
	<b>ETAR OESTE</b>	<b>82</b>
	<b>ETAR ESTE</b>	<b>85</b>
	ANEXO III – BALANÇO DE MASSAS	88
	<b>ETAR CENTRALIZADA</b>	<b>88</b>
	<b>ETAR OESTE</b>	<b>90</b>
	<b>ETAR ESTE</b>	<b>92</b>
	ANEXO II – ORÇAMENTO	94
	<b>ETAR CENTRALIZADA</b>	<b>94</b>
	<b>ETAR OESTE</b>	<b>98</b>
	<b>ETAR ESTE</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquematização das soluções possíveis para a gestão de efluentes de suiniculturas.	4
Figura 2 – Comparação entre a ACV e a AFM (adaptado de Mueller-Beilschmidt, 2006).....	8
Figura 3 – Distribuição do efectivo de suínos por concelho (Fonte: DGV/DRARO <i>In</i> : ENEAPAI)	16
Figura 4 – Representação esquemática das fases da digestão anaeróbia (adaptado de Alves e Oliveira, 2006) .....	18
Figura 5 – Balanço de Massas da Digestão Anaeróbia (percentagens em massa) (adaptado de ETSU, 1997) .....	19
Figura 6 – Representação esquemática e fotografias de instalações individuais de digestão anaeróbia em unidades agro-pecuárias (Vale Henriques, Azambuja e Vicente Nobre, Rio Maior) (Santos, 2003) .....	23
Figura 7 – Representação esquemática e fotografias de ECB (Dinamarca) (Santos, 2003).....	24
Figura 8 – Distribuição da carga Poluente por sector (em % de Hab. Equivalente)(ENEAPAI) ...	28
Figura 9 – Esquematização dos principais problemas associados à má gestão de resíduos de suiniculturas (Adaptado de: Isabel Araújo e Susana Ferreira, Instituto Superior Técnico, 2004).	28
Figura 10 – Distribuição regional do efectivo de suínos (ENEAPAI, 2007) .....	29
Figura 11 – Distribuição do efectivo de suínos por concelho (ENEAPAI, 2007) .....	29
Figura 12 – Localização geográfica dos núcleos de Acção Prioritária para a gestão de resíduos de suiniculturas (ENEAPAI, 2007) .....	32
Figura 13 – Localização da Região Centro (NUTs II) e da Região Oeste (Região NUTs III) .....	33
Figura 14 – Freguesias do concelho de Torres Vedras ( <a href="http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/">http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/</a> , 26 de Dezembro de 2008).	35
Figura 15 – Localização do Concelho de Torres Vedras ( <a href="http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/">http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/</a> , 26 de Dezembro de 2008) .....	36
Figura 16 – Localização das zonas industriais concelhias no município de Torres Vedras .....	37
Figura 17 – Localização das explorações de suinicultura no concelho de Torres Vedras (C.M. Torres Vedras, 2007) .....	38
Figura 18 – Distribuição das explorações e animais por tipos e regime de exploração (C.M. Torres Vedras, 2007) .....	40
Figura 19 – Representação esquemática dos fluxos de materiais na solução de gestão de chorumes.....	48
Figura 20 - Sequência de tratamento assumida na ETAR de DA .....	49
Figura 21 – Janela de gestão de materiais do UMBERTO (visualizando os materiais da Pasta “Produtos”).....	52

Figura 22 – Exemplo de especificação de processo com coeficientes (processo de digestão anaeróbia).....	53
Figura 23 – Exemplo de especificação de processo com equações (processo de transporte)....	54
Figura 24 – Rede Principal do Cenário Centralizado .....	55
Figura 25 – Rede principal do Cenário Este / Oeste.....	55
Figura 26 – Representação dos processos de transporte para o efluente entre cada exploração (58) – Cenário Centralizado.....	56
Figura 27 – Representação dos processos de transporte para o efluente entre cada exploração (58) – Cenário Este/Oeste.....	57
Figura 28 – Representação dos processos da sub-rede ETAR – Cenário Centralizado e Cenário Este/Oeste.....	58
Figura 29 – Representação proporcional dos fluxos de materiais na rede principal do Cenário Centralizado (kg) .....	58
Figura 30 – Representação proporcional dos fluxos de materiais na rede principal do Cenário Este/Oeste (kg) .....	59
Figura 31 – Representação proporcional dos fluxos de energia na rede principal do Cenário Centralizado(kJ) .....	59
Figura 32 – Representação proporcional dos fluxos de energia na rede principal do Cenário Este/Oeste (kJ).....	59
Figura 33 – Representação gráfica dos consumos de energia eléctrica e térmica em ambos os cenários (MW.h/ano).....	62
Figura 34 – Custos fixos dos dois cenários.....	63
Figura 35 – Custos de transporte associados ao transporte para as várias ETAR.....	64
Figura 36 – Representação das entradas de combustível e saídas de emissões gasosas.....	65

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1– Sistemas nacionais de digestão anaeróbia e Resíduos Tratados (Fonte: Berardino, 2008).....	15
Quadro 2 – Relação de Equivalência entre 1m <sup>3</sup> de biogás e outros combustíveis (Duarte e Ferreira, 2007).....	20
Quadro 3 – Higienização controlada, equivalente a uma hora a 70°C, conforme requisito legal Dinamarquês ( <i>Statutory order from the Ministry of Environment and Energy no. 49, 20/01/2000</i> ) (Ferreira, 2002) .....	23
Quadro 4 – Núcleos de Acção Prioritária para o sector da suinicultura (ENEAPAI, 2007).....	31
Quadro 5 – Informação identificada como necessária para o desenvolvimento do trabalho.....	42
Quadro 6 – Dados de base sobre as suiniculturas do concelho de Torres Vedras (Dados das suiniculturas: C. M. Torres Vedras, 2007; Caudais e cargas calculados com base nos animais equivalentes e índices HIDROPROJECTO, 2002).....	44
Quadro 7 – Informação sobre as ETAR a construir no âmbito da Solução Integrada para o Tratamento dos Efluentes de Suinicultura nas Bacias Hidrográficas dos Rios Tornada e Real / Arnóia.....	47
Quadro 8– Inventário comparativo de entradas e saídas nos sistemas em análise, obtido do software UMBERTO.....	61



## **ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS**

O presente trabalho constitui uma Dissertação de Mestrado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, ramo de Engenharia Sanitária. O tema estudado prende-se com a comparação de sistemas mais ou menos centralizados de gestão de chorumes de suiniculturas, com base numa ferramenta electrónica de modelação e análise de fluxos de materiais.

Tendo em conta os estudos anteriores de que a gestão de resíduos de suiniculturas e a tecnologia de digestão anaeróbia têm sido alvo, não foi objectivo deste trabalho avaliar esta tecnologia ou a sua aplicação a este tipo de resíduos orgânicos. Partiu-se do princípio que ela se encontra em estado de evolução que permita a sua aplicação de forma segura e sustentada. Assim, os aspectos teóricos e científicos da tecnologia não são exaustivamente tratados, sendo antes descritos com base em dados bibliográficos. Este trabalho incide, então, no estudo de modelos de gestão alternativos com base em modelos de análise de fluxos de materiais no Software UMBERTO.

O estudo começa por abordar a análise de fluxos de materiais e a sua aplicação com o software UMBERTO, para depois se centrar nos sistemas de tratamento de chorumes. É desenvolvida uma abordagem bibliográfica da digestão anaeróbia (na perspectiva histórica e do processo propriamente dito), seguida de uma breve apresentação do sector da suinicultura em Portugal. Para desenvolver a modelação dos sistemas de tratamento de chorumes, é feito um enquadramento geográfico da zona alvo do estudo.

Na parte prática do trabalho, são modelados e é feita uma análise comparativa de dois sistemas de gestão de chorumes com grau distinto de centralização, ao nível da zona de intervenção. Esta modelação é o aspecto inovador do trabalho, uma vez que o software UMBERTO (ainda fracamente difundido em Portugal) nunca foi utilizado para a análise de sistemas de gestão de chorumes.





## 1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

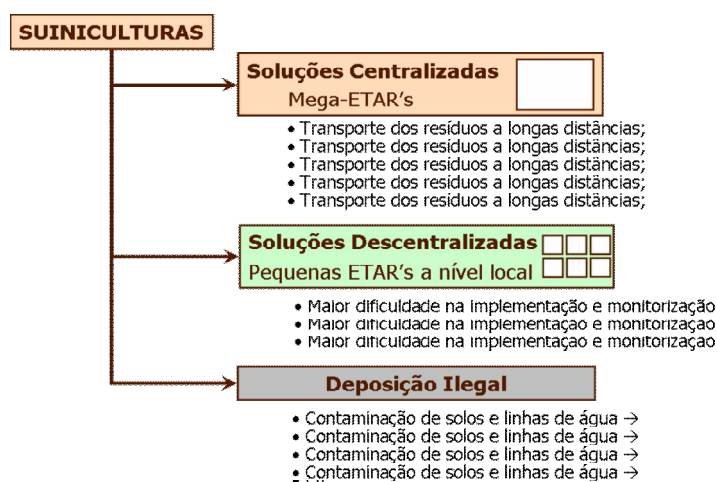
Verifica-se, actualmente, que a produção de resíduos cresce constantemente, enquanto o espaço disponível para a sua deposição é cada vez mais limitado. Em consequência, a gestão de resíduos torna-se, cada vez mais, uma tarefa chave na estratégia da UE (União Europeia) para um desenvolvimento sustentável (Comissão das Comunidades Europeias, 2003). Um problema especialmente premente em Portugal é o dos resíduos orgânicos, para os quais, com excepção de alguns projectos de índole pontual e experimental, não há ainda soluções satisfatórias a nível nacional (INR, 2004).

Na região do Lis e Oeste a contaminação de solos e aquíferos com os poluentes provenientes dos resíduos brutos das suiniculturas, frequentemente descarregados de modo ilegal nos solos e linhas de água mais próximas, constitui um problema ambiental grave. O Município de Alcobaça e a Ribeira dos Milagres (efluente do Rio Lis), no Município de Leiria, têm sido das regiões mais afectadas por este tipo de descargas. Como exemplo, citam-se aqui algumas notícias divulgadas pela imprensa nacional:

- ✓ “A população do sul do concelho de Alcobaça acusa as suiniculturas da região pelo mau cheiro, poluição dos cursos de água e contaminação dos solos. Os moradores de algumas freguesias denunciam a existência de despejos clandestinos.” (<http://ecosfera.publico.pt/>, 03 / Março / 2004)
- ✓ “A Ribeira dos Milagres, no concelho de Leiria, foi alvo de uma “forte descarga de efluentes de suiniculturas” esta madrugada... Esta é a segunda descarga denunciada pela comissão nas últimas duas semanas... Na zona de Leiria existem criações com cerca de 400 mil suínos que produzem efluentes equivalentes aos produzidos por 1,2 milhões de pessoas.” (Agência Lusa, 07/ Abril / 2006)
- ✓ “A população de Porto de Mós foi aconselhada pela autarquia a não consumir água da rede pública depois de uma descarga numa suinicultura em Calvaria de Cima, informa a agência Lusa.” (<http://diario.iol.pt/noticias/agua-porto-de-mos/902384-291.html>, 12 / Janeiro / 2008)
- ✓ “Uma nova descarga de efluentes suínos para a Ribeira dos Milagres ocorreu hoje de manhã, denunciou o porta-voz da Comissão Ambiente e Defesa da Ribeira dos Milagres”, Rui Crespo. ([http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section\\_id=114&id\\_news=372998](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section_id=114&id_news=372998), 12 / Fevereiro / 2009)

Por força da ENEAPAI (Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais), assiste-se à tendência de centralização das soluções a implementar, através da “adopção de soluções conjuntas... ...que promovam economias à escala regional” (ENEAPAI, pág. 145).

No entanto, esta opção acarreta consequências que importa estudar em contraponto com soluções de menor escala, conforme esquematizado na Figura 1. Nomeadamente, a implementação de soluções centralizadas implicam, de um modo geral, o transporte de resíduos / efluentes a maiores distâncias. Por outro lado, está a concentrar-se fisicamente num único local a carga de poluição orgânica de toda uma região o que, em caso de avaria ou sobrecarga do sistema representa um problema de grande dimensão e difícil resolução por falta de alternativas.



**Figura 1** – Esquematização das soluções possíveis para a gestão de efluentes de suiniculturas.

As soluções menos centralizadas e que pretendem solucionar os problemas mais próximo da sua origem, deverão implicar menores distâncias de transporte dos resíduos (benefício em termos de custos e de emissões de gases com efeito de estufa ou, caso o transporte seja feito através de condutas, menores problemas de colmatção / entupimento das mesmas). Este tipo de soluções permite ainda que a carga poluente seja menos concentrada fisicamente, permitindo maior margem de manobra na resolução de uma potencial avaria ou sobrecarga de uma instalação.

Tendo consciência que ambas as soluções têm prós e contras, é objectivo deste estudo, com base na análise de fluxos de materiais, realizada pelo software UMBERTO, analisar qual a melhor de duas alternativas de gestão deste tipo de resíduos para o concelho de Torres Vedras.

## 2 A ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS E O SOFTWARE UMBERTO

### 2.1 O CONCEITO DE “METABOLISMO INDUSTRIAL”

O termo análise de fluxos de materiais (AFM) compreende uma série de métodos descritivos e analíticos que têm uma origem comum ao no paradigma do “metabolismo industrial” (Schepelmann, 2007).

O conceito de “metabolismo industrial” pode entender-se como um paralelismo com o metabolismo biológico, em que as substâncias que constituem o tecido vivo sofrem transformações – reacções de síntese e de desintegração de substâncias.

A maioria das alterações no ambiente natural é consequência da actividade humana e dos fluxos de materiais resultantes da mesma. O ciclo deste “metabolismo industrial” é iniciado com a extracção de materiais, inclui o uso de materiais e energia para produção e consumo de bens e serviços e continua com a reutilização e reciclagem, para terminar com a eliminação e deposição final dos resíduos em que se tornaram ou que geraram. A utilização contínua de elevadas quantidades de materiais e energias não renováveis tem consequências ambientais graves, já que todos estes materiais são extraídos, transportados, transformados e eventualmente depositados, com impactes ambientais em cada um destes estágios (<http://scp.eionet.europa.eu/themes/mfa/1>, 13 / Dezembro / 2007).

Os fluxos de materiais constituem a ligação entre as actividades humanas e os impactes ambientais que estas causam. Os impactes ambientais referidos são muito variáveis (alterações físico-químicas como acidificação, eutrofização de águas por excesso de nutrientes, alterações de paisagem ou destruição de *habitats*). No entanto, é consensual que muitos destes problemas ambientais estão directa ou indirectamente relacionados com consequências económicas importantes, como por exemplo as emissões de gases com efeito de estufa no actual contexto do mercado de emissões, ou os custos com gestão de resíduos (<http://scp.eionet.europa.eu/themes/mfa/1>, 13 / Dezembro / 2007).

O sistema económico é, na prática, um metabolismo em que os materiais e energia continuamente entram e saem do sistema sob diversas formas. Também aqui se aplica a Lei da Conservação da Massa: “Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. A parte negativa é que a maioria dos materiais rapidamente é devolvida ao ambiente natural na forma de resíduos ou emissões. O restante é mantido no sistema económico na forma de bens duradouros que ainda assim, mais tarde ou mais cedo, se tornarão resíduos.

Um dos principais corolários do conceito de “metabolismo industrial” é que a quantidade de entrada de materiais determina a quantidade de resíduos e emissões consequentes. Assim, para se tornarem efectivas, as políticas de desenvolvimento sustentável terão de que se debruçar

sobre as grandes quantidades de extracção de materiais e mantê-las em níveis mais baixos e sustentáveis a longo prazo. Além disso, têm que, à semelhança do que ocorre na natureza, procurar fechar ciclos de materiais e energia, tentando que a noção artificial de “resíduo” seja abandonada em detrimento de uma noção de cadeias em que os “resíduos” de uma actividade venham a tornar-se as matérias-primas de outra. Desta forma é possível evitar o esgotamento dos recursos naturais, bem como a devolução ao ambiente dos materiais biogeoquímicos num estado de entropia maior do que aquele em que se encontravam quando foram extraídos como matérias-primas.

## **2.2 A ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS - AFM**

De acordo com o EUROSTAT (2001), a análise de fluxos de materiais é um método de avaliação que calcula a eficiência do uso de materiais, com base na informação da contabilidade de fluxos. A AFM ajuda a identificar, na economia, o desperdício de recursos naturais e de materiais em geral, que de outro modo passaria despercebido em sistemas convencionais de monitorização económica.

A AFM constitui, então, um método quantitativo de determinação dos fluxos de materiais e energia que se movimentam em determinado sistema / conjunto de processos. Para realizar uma correcta análise de fluxos de materiais utilizam-se metodologias de contabilização de entradas e saídas (fluxos materiais ou energéticos) nos processos em análise, sendo possível incluir informação quer material, quer financeira (The sustainable scale project, 2007).

A AFM é considerada como uma ferramenta importante na ecologia industrial, a par de instrumentos como a Análise de Ciclo de Vida (ACV). O primeiro objectivo da AFM é obter uma percepção transparente dos fluxos de materiais para calcular indicadores e desenvolver estratégias e planos para melhorar / otimizar os fluxos do sistema em estudo, estabelecendo-se, assim, como uma metodologia de base na gestão de fluxos de materiais.

Este tipo de estudos permite quantificar a relação entre os problemas ambientais e as actividades humanas e funciona também como um método de diagnóstico de problemas ambientais, apoiando o planeamento de medidas de gestão adequadas e a monitorização da sua implementação.

Um dos seus pontos fortes e um dos principais motivos para se realizar uma AFM é a identificação dos desperdícios de material, já que se pretende minimizar os fluxos de materiais e maximizar benefícios por eles gerados. Esta metodologia permite também a monitorização de resíduos, que é frequentemente esquecida nas análises económicas tradicionais. Assim, constitui um método de avaliação da eficiência de utilização de recursos materiais.

Tem-se verificado (Cooper, 2000) que criar modelos de AFM que reflectam as entradas e saídas de materiais de um sistema permite aos decisores perceber melhor as interacções escondidas a ter em conta numa decisão sobre determinado processo. Uma vez que apresenta informação agregada ao nível pretendido ou ao mais adequado para cumprir os objectivos de cada estudo específico, o método de AFM tem vindo a ganhar campo como um meio de visualização de sistemas para apoiar a tomada de decisão em diversas situações: desenvolvimento e *design* de produtos, gestão estratégica de empresas, políticas públicas, etc.

À AFM associam-se frequentemente técnicas e princípios de gestão sustentável como, por exemplo: "Resíduos zero", "Melhoria da produtividade dos recursos" ou "Responsabilidade extensível ao produtor", indicando que o método facilita o estudo de soluções práticas de mercado para os problemas ambientais.

A AFM foi desenvolvida na Europa, em grande parte no Instituto Wuppertal na Alemanha. Foi adoptada como metodologia de análise pela União Europeia no que diz respeito ao Programa de Desenvolvimento Sustentável (The sustainable scale project, 2007).

O desenvolvimento aprofundado desta ferramenta irá provavelmente apoiar o estudo da relação entre os fluxos económicos e os limites ecológicos, principalmente se aplicada a um nível global.

### **2.3 ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS VERSUS AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (AFM VS ACV)**

Todos os processos de fabrico produzem um impacte sobre o ambiente - seja sobre a forma de consumo de energia e de recursos, ou de emissões atmosféricas, de contaminação de água ou de produção de resíduos. A Análise de Ciclo de Vida (ACV), ou eco-balanço, é a ferramenta desenvolvida para avaliar a importância destes impactes, bem como para poder comparar diversos produtos.

A ACV de um produto efectua-se contabilizando todas as etapas que intervêm na sua vida, desde o seu "nascimento" à sua "morte". Em cada uma destas etapas verifica-se quanta energia é consumida, a quantidade e o tipo das emissões atmosféricas, a quantidade de água contaminada e a quantidade de resíduos sólidos gerados. Esta técnica é considerada o método mais eficaz para avaliar o impacte ambiental de um produto.

Em relação à ACV, a AFM pode ser considerada como uma ferramenta de suporte da ACV, uma vez que faz análise não do produto ("*do berço ao túmulo*") mas sim do sistema de processos em estudo ("*from gate to gate*" ou da entrada à saída de materiais num dado sistema), analisando, em cada processo e para o sistema de processos, todas as entradas e saídas de materiais e energia. Enquanto a ACV tem como principal objectivo a avaliação de impactes ambientais de

um produto, a comparação de produtos e a sua melhoria, com a AFM pretende-se conhecer o “status-quo” do sistema em estudo com vista à identificação de pontos críticos para a optimização, bem como a análise de cenários alternativos com vista à tomada de decisão estratégica.

Em suma, a comparação entre estas duas ferramentas pode resumir-se no esquema da Figura 2.

<b>Avaliação de Ciclo de Vida</b> <b>ACV</b>	<b>Análise de Fluxos de materiais</b> <b>AFM</b>
<b>Produto / Serviço “do berço ao túmulo”</b>	<b>Processo, sistema de processos, cadeia de abastecimento “from gate-to gate”</b>
<b>ISO 14.040</b>	<b>Não existem standards de implementação</b>
<b>Impacte ambiental do produto, melhoria do produto</b>	<b>Eficiência material (recursos, resíduos), optimização de processos, redução de custos</b>
<b>Sem relevância ao nível de períodos temporais, sem stocks</b>	<b>Relativo a períodos temporais, stocks / alterações de stock</b>
<b>Cálculo linear e matricial</b>	<b>Cálculo linear e não linear, cálculo sequencial</b>

**Figura 2** – Comparação entre a ACV e a AFM (adaptado de Mueller-Beilschmidt, 2006)

## 2.4 O SOFTWARE UMBERTO

O UMBERTO é um software para modelação de fluxos de materiais e energia com vista à optimização de sistemas de processos. O UMBERTO permite:

- ✓ Visualizar fluxos;
- ✓ Analisar e avaliar os impactes ambientais;
- ✓ Calcular os custos associados (materiais/processos);
- ✓ Desenvolver cenários alternativos e apoiar a tomada de decisões;
- ✓ Apresentar resultados através da elaboração de relatórios e inventários (*reporting*).

Este software é actualmente utilizado em indústrias, empresas de consultoria, universidades e outras instituições científicas na Europa. Alguns casos típicos de sucesso de utilização deste software reflectem a sua aplicação a sistemas produtivos (indústrias), sistemas de redução (gestão de resíduos de várias naturezas), sistemas logísticos, entre outros.

## 2.5 A ORIGEM DO SOFTWARE

O UMBERTO surgiu a partir de trabalhos realizados em 1993, por um grupo saído da Universidade de Hamburgo. Este grupo de trabalho fundou a empresa ifu - Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH (Instituto de Informática Ambiental Hamburgo Lda.) que tinha,

à data, como principal objectivo o desenvolvimento da ideia de um *software* de análise de fluxos de materiais. A primeira versão do *software*, resultado do trabalho conjunto do ifu Hamburg GmbH e do ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Instituto de Pesquisa Energética e Ambiental Heidelberg Lda.), surgiu no mercado em 1994.

Desde 1994, o UMBERTO conheceu várias versões que têm sido progressivamente melhoradas. A versão actual, que foi utilizada para desenvolver o presente trabalho, foi a versão 5 deste *software*.

## **2.6 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE**

### **2.6.1 Principais objectivos do UMBERTO**

A utilização do UMBERTO, na análise de determinado sistema, tem como principais objectivos:

- ✓ Visualizar o *status-quo* do sistema em estudo e detectar os pontos cruciais ("*hotspots*") para a sua optimização, com vista à redução dos recursos empregues através da redução do desperdício – materiais e energia – e, consequente, minimização de emissões e de custos;
- ✓ Apoiar a tomada de decisões estratégicas, através da comparação de cenários alternativos;
- ✓ Apoiar o sistema de gestão ambiental (SGA) – recolha e gestão transparente dos dados necessários para determinar balanços ecológicos.

No presente caso, o principal objectivo da utilização do UMBERTO prende-se com a sua funcionalidade de comparação de cenários alternativos. Não se procedeu à visualização do *status-quo* do sistema em questão, mas apenas ao desenvolvimento e comparação de dois cenários alternativos. Os resultados desta comparação permitem inferir qual o modelo de gestão mais adequado e apoiar a decisão estratégica sobre as soluções a implementar para a gestão de chorumes de suiniculturas na área geográfica em estudo.

### **2.6.2 Funções básicas do UMBERTO**

O UMBERTO tem como funções básicas:

- ✓ Modelar redes (*Graphical Modeling*)
- ✓ Gerir materiais (*Material Administration*)
- ✓ Especificar (definir) processos (*Specification*)
- ✓ Utilizar bases de dados de processos pré-especificados (*Library*)
- ✓ Efectuar os cálculos dos balanços ao sistema (*Calculation*)
- ✓ Calcular custos (*LCI & Cost Calculation*)

- ✓ Apresentar resultados sob a forma de inventários (*Balance Sheet*)
- ✓ Representar graficamente os resultados obtidos (*Chart ou e-Sankey*)
- ✓ Avaliar resultados (*Valuation*)
- ✓ Comparar cenários alternativos para o apoio à tomada de decisão (*Scenario Comparison*)

Todas estas valências foram utilizadas no caso de estudo apresentado e permitiram analisar a informação disponível, de modo a poder tirar conclusões sobre a forma mais eficiente de gerir os chorumes de suínos no concelho de Torres Vedras.

O primeiro passo para construir um “projecto” ou caso de estudo no UMBERTO é a criação de um “projecto” e respectiva janela de materiais. É necessário definir quais os materiais que terão intervenção no sistema, quais as unidades em que são expressos (kg ou kJ, conforme seja um material ou uma forma de energia) e caso seja aplicável, qual o seu valor de mercado para o cálculo de custos.

De seguida, desenha-se a rede, composta por processos (quadrados) e locais (círculos - locais de entrada de materiais, de saída de materiais ou locais de passagem, uma vez que no UMBERTO não é possível ligar um processo a outro, existindo sempre um local entre cada dois processos). Os fluxos são representados por setas que ligam os locais e os processos, definindo o percurso feito pelos materiais no interior da rede e os locais onde entram e saem da rede.

A especificação de processos pode ser efectuada directamente através da proporção entre os materiais que entram e saem do processo, descritos através de equações matemáticas (qualquer expressão matemática válida poderá ser utilizada, permitindo a especificação de processos não lineares), ou através da utilização de módulos existentes na “biblioteca” do programa (processos pré-especificados).

Um processo pode ainda ser utilizado para modelar uma rede de nível hierárquico inferior (dentro da rede principal – uma sub-rede do sistema), caso esta alternativa facilite a visualização, análise ou interpretação do sistema modelado.

Após a definição dos materiais e dos processos, o sistema está em condições de ser calculado com base num fluxo determinado manualmente. Isto é, até este momento, foi definida a relação entre os materiais que entram e saem de cada processo. Para que o cálculo ocorra é necessário que o programa tenha conhecimento de um fluxo de material (o fluxo manual) para com base neste calcular os restantes.

Após o cálculo é possível observar os resultados na folha de inventário (*balance sheet*) que mostra as entradas e saídas de material no sistema ou, caso se pretenda, num processo



seleccionado. Caso exista mais de um cenário, é possível visualizar as folhas de inventário dos vários cenários numa única folha, com vista a efectuar a comparação, permitindo a representação gráfica dos resultados.

Além do cálculo dos fluxos de materiais, o UMBERTO calcula ainda os custos do sistema. Para isso, considera os preços definidos para os materiais, mas também outros custos definidos no plano de custos do projecto. Assim, podem incluir-se custos fixos (por exemplo, amortização do investimento ou custos anuais de operação ou manutenção) e custos variáveis (como por exemplo, custos de factores que dependam da quantidade de material processado no sistema).

Em termos de representação gráfica, o UMBERTO oferece uma outra opção muito informativa e intuitiva que é a possibilidade de representar a rede num *diagrama de sankey*, isto é, em vez de visualizar a rede apenas com os fluxos representados como setas, visualizá-los como setas coloridas com determinada espessura proporcional ao seu peso relativo.



### **3 A DIGESTÃO ANAERÓBIA**

#### **3.1 HISTÓRIA DA DIGESTÃO ANAERÓBIA**

A digestão anaeróbia é composta pela sequência de processos bioquímicos pelos quais a matéria orgânica é degradada por um conjunto de populações microbianas que actuam na ausência de oxigénio. Da digestão anaeróbia resultam, principalmente, metano e dióxido de carbono (biogás), sólidos e líquidos com reduzida estabilidade bioquímica.

A história do conhecimento da digestão anaeróbia e da utilização do biogás remonta ao século X a.C. na Assíria (Reino do Norte da Mesopotâmia – a partir da fronteira Norte do actual Iraque – que existiu entre os séculos XXI e V a.C.), havendo registos da utilização de biogás na produção de energia térmica para aquecimento de águas.

No entanto, o interesse científico na produção de biogás parece ter sido despertado apenas no século XVI d.C. Neste século, os cientistas irlandeses Robert Boyle e Stephen Hale notaram que a movimentação dos sedimentos em lagos originava a libertação de gases inflamáveis (biogás). No século XVII, Jan Baptita Van Helmont associou a decomposição de matéria orgânica à produção de gases inflamáveis. Já no século seguinte, o cientista Count Alessandro Volta verificou a relação directa entre o conteúdo de matéria orgânica degradada e a quantidade de gás produzida. A descoberta da presença de metano nos gases produzidos pela decomposição de excrementos de gado coube ao inglês Sir Humphrey Davy, no início do século XIX.

A utilização deliberada da digestão anaeróbia iniciou-se na Índia em meados do século XIX, onde foi construído o primeiro digestor anaeróbio. Em 1895, uma aplicação da tecnologia em Inglaterra permitiu que o biogás produzido por um sistema de tratamento de águas residuais fosse utilizado para alimentar um sistema de iluminação de rua.

Desde então, a digestão anaeróbia tem sido alvo das mais diversas investigações e desenvolvimentos, passando, entre outros, por diversos tipos de digestores, como por exemplo os tanques sépticos de Imhoff. Com base no trabalho de investigação de que foi sendo alvo, a digestão anaeróbia foi reconhecida no mundo académico por volta da década de 1930. Esta investigação levou à descoberta das bactérias anaeróbias. Assim, proporcionou-se também o desenvolvimento da microbiologia por Buswell e outros, no sentido de identificar condições óptimas para as bactérias envolvidas no processo. Este trabalho teve especial importância durante a 2ª Guerra Mundial, época em que quer a Alemanha, quer a França, verificaram um grande crescimento na utilização da digestão anaeróbia no tratamento de excrementos de gado.

Na Europa, as unidades de digestão anaeróbia têm tido, de um modo geral, resultados positivos no tratamento de RSU, de alguns resíduos industriais e de origem agro-pecuária. O processo teve grande expansão durante e após a 2ª Guerra Mundial, potenciado pela redução drástica do

fornecimento de energia para uso privado. No entanto, após esta época de escassez, e face à nova abundância aparente de combustíveis fósseis, a produção de metano a partir da digestão anaeróbia foi menosprezada .

Existem na Europa cerca de 600 digestores como sistemas individuais (em instalações agropecuárias). Estas unidades justificam o seu sucesso pela simplicidade de instalação e operação. A Alemanha, referência neste tipo de sistemas, viu implementados mais cerca de 250 unidades deste tipo entre 2002 e 2007 (Whang, 2007).

Já a Dinamarca e a Holanda concluíram que as pequenas instalações não eram economicamente eficientes e procederam à implementação de sistemas colectivos para várias explorações pecuárias (Ferreira, 2002).

A digestão anaeróbia é reconhecida, actualmente, como um método de tratamento vantajoso quando localizado a montante dos tratamentos aeróbios, na medida em que produz uma menor quantidade de resíduos sólidos no final do processo, tem necessidades de nutrientes relativamente baixas, possibilita o tratamento de cargas orgânicas elevadas e tem como subproduto o biogás (rico em metano), que é um biocombustível e pode ser utilizado *on-line* para a co-geração (produção de calor e electricidade). No entanto, há que ter em conta os custos de instalação e manutenção das instalações, a baixa taxa de crescimento das populações de microrganismos envolvidos no processo, a eventual existência de odores desagradáveis e a baixa eficiência de tratamento, principalmente em substratos muito diluídos (Whang, 2007).

Em suma, a digestão anaeróbia e o aproveitamento do biogás resultante têm vindo a revelar-se vantajosos no tratamento e valorização de resíduos, possibilitando ainda a produção de energia, o que evita custos ambientais associados às fontes de energia fósseis. Trata-se de uma tecnologia que, além de permitir a valorização energética dos resíduos orgânicos proporciona também a valorização / reciclagem dos nutrientes neles contidos. É, portanto, importante criar mecanismos que potenciem a sua utilização na gestão deste tipo de resíduos.

### **3.2 O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS E A DIGESTÃO ANAERÓBIA EM PORTUGAL**

O percurso português na área do saneamento básico e da gestão de resíduos foi de algum modo distinto do de outros países europeus. Até à data da revolução de 1974 verificou-se um grande atraso no abastecimento de águas potáveis e drenagem e tratamento de águas residuais e gestão de resíduos (Berardino, 2008). A gestão sanitária limitava-se às preocupações de saúde pública, pelo que se tentava principalmente afastar os possíveis focos de infecção (*lixos e esgotos*) das zonas habitadas ou de algum modo torná-los o mais inócuo possível.

Ainda assim, o primeiro sistema de digestão anaeróbia de que existe registo em Portugal foi uma instalação de pequena dimensão, construído em Vila Nova de Cerveira (Minho), em 1953, e que tratava, à data, os chorumes de 8 bovinos (Ferreira, 2002).

Após 1974, com o fim da guerra colonial, Portugal teve necessidade de reintegrar os muitos portugueses que se haviam estabelecido nas ex-colónias, verificando-se um aumento considerável da população. Isto reflectiu-se num estímulo nos vários sectores de actividade, nomeadamente na agro-pecuária e indústria.

Em algumas regiões foi mais notória a pressão exercida pelo aumento da população e das actividades e os resíduos da agro-pecuária constituíam um grave problema ambiental. Existem registos, dos finais da década de 70, do que foi o segundo biodigestor que correspondia a uma instalação industrial destinada a processar os resíduos do abate de cerca de 50 000 galinhas poedeiras (Ferreira, 2002). Entre finais dos anos 70 até ao início dos anos 90, acompanhando a tendência internacional, verificou-se em Portugal uma implementação significativa de sistemas de digestão anaeróbia: mais de 70 unidades de digestão anaeróbia em explorações agropecuárias de grande dimensão, a partir de 4 000 suínos (Berardino, 2008).

**Quadro 1–** Sistemas nacionais de digestão anaeróbia e Resíduos Tratados (Fonte: Berardino, 2008)

Sector de Actividade	N.º de sistemas instalados
Matadouros	1
Suicultura	71
Avicultura	8
Bovicultura	5
Lacticínios	3
Indústria de Celulose	1
Destilarias	2
ETAR's	12
<b>Total</b>	<b>103</b>

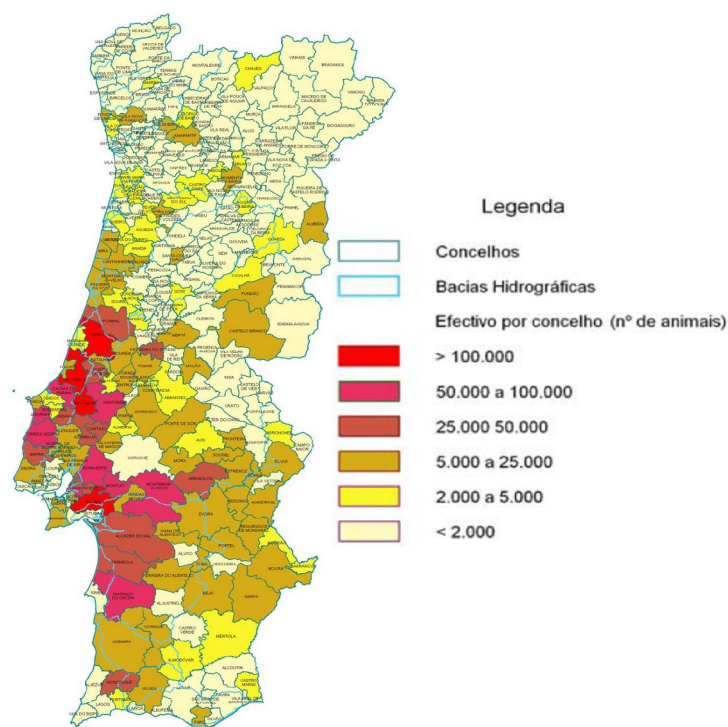
Actualmente, devido a vários problemas técnicos, questões económicas e operacionais, estima-se que menos de metade destas instalações se encontrem a funcionar (Berardino, 2008).

Entre os principais entraves ao sucesso destas instalações contam-se:

- ✓ A grande diluição dos substratos e as baixas temperaturas de Inverno;
- ✓ Os apoios económicos nem sempre são direccionados no melhor sentido, nomeadamente, a legislação (DL n.º 33-A/2005 de 16 de Fevereiro) que estabelece o tarifário das energias renováveis está em contradição com as Directivas Comunitárias sobre resíduos (directiva aterros) e sobre energias renováveis, já que não incentiva a produção de biogás – uma energia renovável – estando assim em incumprimento o

estipulado pela Directiva 2001/77/CE sobre energias renováveis. O tarifário pago pela Rede Eléctrica Nacional pela energia originada pelo biogás de aterro é superior à remuneração da energia gerada pela reciclagem de resíduos biodegradáveis (<http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=636&articleID=1765>, 10 / Dezembro / 2008);

- ✓ Distribuição geográfica das origens de substrato – muitas vezes trata-se de pequenos produtores, por exemplo, suiniculturas de dimensão familiar, concentradas em algumas regiões onde exercem enorme pressão ambiental através das descargas no ambiente (Figura 3);
- ✓ Desequilíbrio entre as quantidades de resíduos, o espaço disponível e a capacidade de recepção do meio – Isto ocorre porque Portugal é um importador de cereais. Assim, ainda que trate da melhor forma os efluentes das actividades agro-pecuárias, se não exportar os produtos resultantes irá sempre acumular nutrientes em excesso (Ferreira, 2008).



**Figura 3** – Distribuição do efectivo de suínos por concelho (Fonte: DGV/DRARO *In*: ENEAPAI)

No entanto, o desenvolvimento da tecnologia de digestão anaeróbia nas últimas décadas tem sido significativo e é expectável que a sua aplicação se torne mais bem sucedida, impulsionada pelo contexto internacional no que toca à gestão de resíduos e aspectos ambientais mas, principalmente, à estratégia energética:

- ✓ A União Europeia estabeleceu uma meta global de redução em 8% na emissão de gases com efeito de estufa até 2008 – 2012;
- ✓ Em 2010, 12,5% da energia na Europa deverá provir de fontes renováveis, sendo que o biogás pode representar cerca de 10% desse potencial;
- ✓ Presentemente, apenas 6 % da energia provém de fontes renováveis;
- ✓ Até 2020 prevê-se a substituição de 20% dos combustíveis gasolina e gasóleo por combustíveis alternativos. O biogás é apontado como uma alternativa ambiental, competitiva, face à electricidade, etanol, e outros;
- ✓ Existe, na Europa, um elevado potencial de produção de biogás desperdiçado. Considerando apenas o sector agrícola, estima-se que exista um potencial energético de 265 TWh por ano, do qual apenas 5% é aproveitado.

A nível nacional, segundo a ADENE (2001), excluindo as explorações pecuárias com dimensão reduzida, o potencial energético diário do excreta das explorações pecuárias, é de cerca de 325 000 m<sup>3</sup>/d de biogás, a que corresponde um valor equivalente anual de 64 400 tep. As suiniculturas representam cerca de 75% deste valor, num potencial global de 226 GWh/ano de electricidade. Tendo em conta as metas europeias, este é certamente um potencial que importa explorar.

### **3.3 O PROCESSO DA DIGESTÃO ANAERÓBIA**

A digestão anaeróbia é, como já foi referido, o processo pelo qual um conjunto de populações microbianas degrada os compostos orgânicos complexos em compostos simples, na ausência de oxigénio.

Este processo, como qualquer processo biológico, é afectado por uma série de factores que podem condicionar o papel desempenhado pelas populações de microrganismos intervenientes, entre eles: a temperatura, pH, alcalinidade, nutrientes, presença de tóxicos / inibidores, entre outros factores.

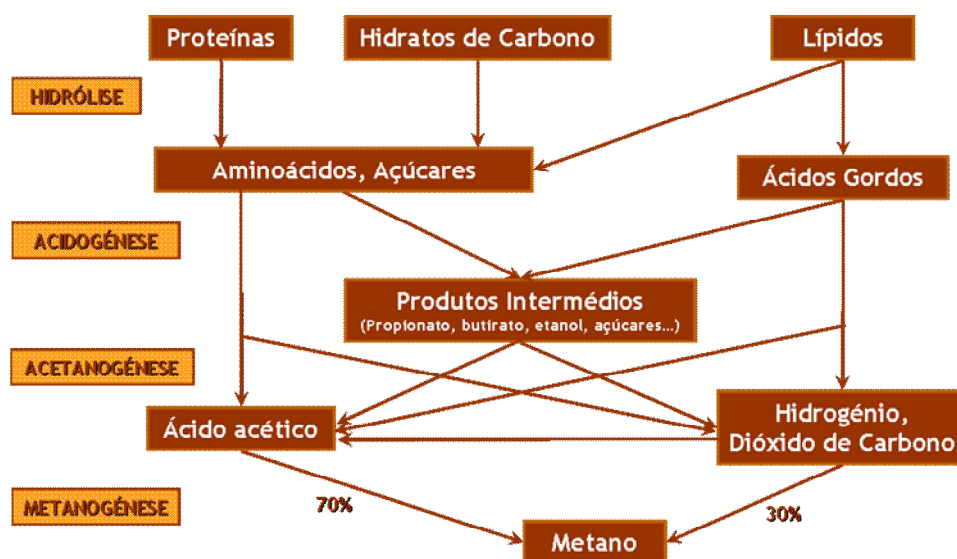
A actividade enzimática das bactérias depende fortemente da temperatura (Sousa, 2005). Abaixo dos 10°C ela é fraca e acima dos 65°C pode considerar-se nula. No intervalo entre os 20°C e os 45°C ocorre digestão mesofílica, enquanto entre os 50°C e os 65 °C ocorre digestão termofílica. Estas temperaturas de operação podem caracterizar-se respectivamente por:

- ✓ Digestão mesofílica – Geralmente o digestor é aquecido entre os 30 a 35°C, admitindo variações de temperatura num intervalo mais amplo, desde que não bruscas. Este tipo de digestão tem um tempo de retenção da matéria orgânica de aproximadamente 10 a 30 dias (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Geralmente são necessários digestores de

maiores dimensões e caso se pretenda utilizar o produto digerido, este deve ser higienizado numa etapa própria para este fim. Trata-se de um processo mais estável e robusto.

- ✓ Digestão termofílica – Geralmente o digestor é mantido a uma temperatura aproximada de 55°C e o tempo de retenção da matéria orgânica é de cerca de 12 a 14 dias (inferior ao processo mesofílico). São necessários digestores de menores dimensões e a degradação da matéria orgânica e consequente produção de biogás é mais rápida. Apesar de não garantir a eliminação total de organismos patogénicos, é mais eficaz nesta acção do que a digestão mesofílica. No entanto, implica maior complexidade e custos de operação e manutenção das instalações.

A degradação da matéria orgânica no processo de digestão anaeróbia ocorre em etapas distintas, conforme se verifica na Figura 4, as quais são realizadas por populações distintas de microrganismos anaeróbios facultativos ou estritos.



**Figura 4** – Representação esquemática das fases da digestão anaeróbia (adaptado de Alves e Oliveira, 2006)

### 3.3.1 Fase Hidrolítica (Hidrólise e Acidogénese)

A primeira fase da degradação consiste na hidrólise de macromoléculas (polímeros – hidratos de carbono, proteínas e lípidos) em moléculas de menor peso molecular ou menor dimensão (monómeros – açúcares, aminoácidos e ácidos gordos de cadeia longa), através da acção de enzimas extracelulares. Este é normalmente um processo lento, sendo os lípidos, no caso geral, hidrolisados mais lentamente do que as outras macromoléculas.

Ainda nesta fase dá-se a acidogénese ou fermentação dos monómeros: os produtos da hidrólise são transportados para o interior das células das bactérias, onde são transformados em produtos



intermediários (ácidos gordos voláteis, álcoois), dióxido de carbono e hidrogénio. A população acidogénica representa cerca de 90% da população bacteriana total dos digestores anaeróbios e apresenta reduzidos tempos de duplicação, pelo que esta nunca é a etapa limitante do processo (Alves e Oliveira, 2006).

### 3.3.2 Fase Acetogénica

Na fase acetogénica ocorre a oxidação dos produtos da fermentação em acetato, dióxido de carbono e hidrogénio, por acção das bactérias homoacetogénicas e das bactérias sintróficas (também denominadas produtoras obrigatórias de hidrogénio) (Alves e Oliveira, 2006).

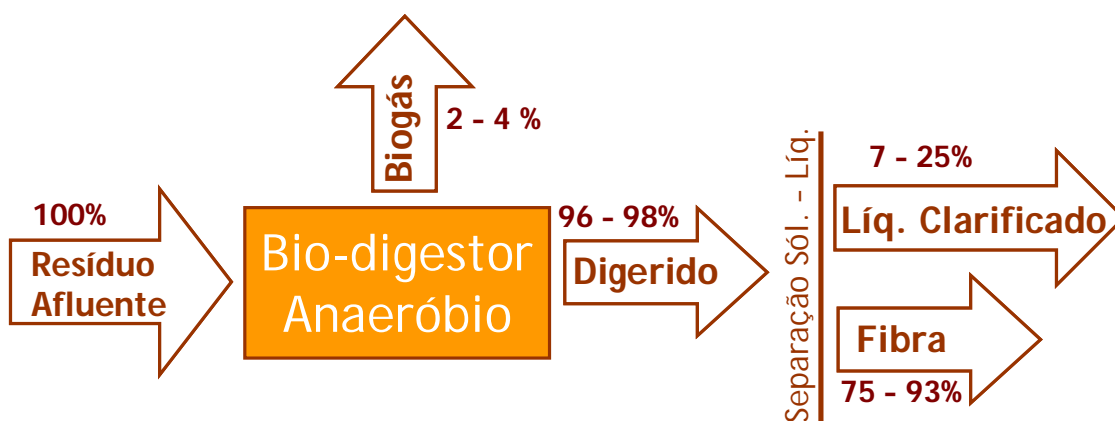
### 3.3.3 Fase Metanogénica

O processo de DA completa-se com a metanogénese. Nesta fase, as bactérias metanogénicas (anaeróbicas estritas), que degradam apenas um número limitado de substratos com baixo número de átomos de carbono, produzem metano por duas vias distintas:

- ✓ Produção de metano por degradação do acetato (bactérias metanogénicas acetoclásticas), que representa, em média, cerca de 70% da produção total de metano (Ferreira, 2002);
- ✓ Produção de metano por redução do dióxido de carbono com consumo de hidrogénio (bactérias metanogénicas hidrogenotróficas) (Alves e Oliveira, 2006).

## 3.4 OS PRODUTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia, enquanto processo de degradação de matéria orgânica, constitui-se como uma mais-valia comparativamente com outros sistemas, em grande parte, pelos produtos que origina, como esquematizado na Figura 5. Para além de produzir uma menor quantidade de lamas, origina biogás e um produto digerido que pode ser utilizado directamente ou ser sujeito a uma separação sólido-líquido, obtendo-se um resíduo sólido (maioritariamente composto por fibra) e um sobrenadante (líquido clarificado).



**Figura 5** – Balanço de Massas da Digestão Anaeróbia (percentagens em massa) (adaptado de ETSU, 1997)

### 3.4.1 Biogás

O biogás produzido no processo de digestão anaeróbia é uma mistura gasosa combustível, composta maioritariamente por metano (cerca de 70%, como anteriormente referido, dependendo no entanto das características do substrato a digerir) e dióxido de carbono. Esta mistura apresenta ainda quantidades residuais de outros gases como o sulfureto de hidrogénio e o amoníaco, pelo que tem características corrosivas, sendo geralmente necessário proceder à sua purificação. Além das características do substrato, também as condições de operação do processo condicionam a quantidade e composição do biogás produzido.

No planeamento de uma instalação de digestão anaeróbia há que considerar o elevado valor energético deste gás, que representa uma mais-valia em relação a outras tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos. Dependendo da época do ano e do tipo de tecnologia instalada (mesofílica ou termofílica), a produção de biogás pode ser suficiente para colmatar as necessidades energéticas da instalação ou mesmo produzir um excedente que pode ser comercializado. Na Quadro 2 apresentam-se os equivalentes entre 1 m<sup>3</sup> de biogás de composição média e outros combustíveis correntes.

**Quadro 2** – Relação de Equivalência entre 1m<sup>3</sup> de biogás e outros combustíveis (Duarte e Ferreira, 2007)

1 m <sup>3</sup> de biogás	1,5 m <sup>3</sup> de gás de cidade
	0,3 m <sup>3</sup> de propano
	7 kWh
	0,8 L de gasolina
	1,3 L de álcool
	0,7 L de gasóleo

O biogás pode ser utilizado de diversas formas, entre elas destacam-se as seguintes:

- ✓ O biogás pode ser queimado para gerar calor para utilização interna na unidade de produção ou noutro local. As pequenas instalações de digestão anaeróbia podem ter capacidade de gerar apenas calor. Este pode ser utilizado para cozinhar, aquecer águas, edifícios ou o próprio digestor.
- ✓ O biogás pode ser utilizado como combustível num motor ligado a um gerador de energia eléctrica que pode ser usada na própria instalação ou injectada na rede.
- ✓ Nos casos da produção de energia eléctrica é de considerar o aproveitamento da energia térmica e planear um sistema de co-geração, maximizando o aproveitamento energético do biogás, quer através de grupos motor/gerador, quer através de caldeiras a gás.

- ✓ É ainda possível, embora de mais difícil execução, a utilização do biogás em motores de veículos. Neste caso as exigências de limpeza do biogás são mais elevadas e os próprios motores necessitam de adaptação. No futuro, poderá ser uma área em expansão.

O metano é um gás de efeito estufa cuja acção é cerca de 21 vezes superior à do dióxido de carbono. Caso não seja utilizado para a produção de energia, ele deverá ser sempre queimado e transformado em dióxido de carbono, prevenindo danos maiores pela sua libertação na atmosfera.

### **3.4.2 Digerido**

O produto resultante da digestão anaeróbia, após remoção do biogás, é rico em nutrientes e pode, segundo alguns autores, ser utilizado como fertilizante / condicionante através do espalhamento directo no solo. No entanto, este produto considera-se, de um modo geral, apenas parcialmente estabilizado, pelo que requer um processo de tratamento posterior, antes da sua utilização. Para tal, é submetido a uma separação sólido-líquido dando origem a um produto sólido e a um líquido clarificado que podem depois ser utilizados separadamente. Em qualquer dos casos, a sua utilização nos solos deve ser realizada tendo em conta o solo, cultura, quantidades a aplicar, estação do ano e modo de aplicação de acordo com legislação específica e com o Código de Boas Práticas Agrícolas.

### **3.4.3 Fibra**

A fracção sólida, proveniente da separação de fases do produto digerido, é maioritariamente composta por fibras de difícil degradação e pobre em nutrientes, pelo que se denomina simplesmente por fibra.

Por um lado, este produto pode ser utilizado directamente para condicionamento de solos. A forma mais simples e económica de o fazer é depositá-lo em solos próximos da origem, caso não exista mercado para o seu escoamento. Pela sua consistência, a fibra é directamente aplicada no solo de forma mais simples do que a do produto digerido, libertando menos odor que este.

Por outro lado, a fibra pode ainda ser sujeita a um processo de compostagem aeróbia, promovendo uma maior degradação e estabilização dos seus componentes, obtendo-se como produto final composto orgânico. No entanto, para viabilizar esta opção estratégica teria que haver um desenvolvimento significativo do mercado.

Em qualquer dos casos, é necessária uma capacidade de armazenamento instalada com as condições adequadas já que se trata de um produto cuja procura é sazonal. Para o escoamento

da fibra é fundamental o acesso aos mercados locais / regionais, uma vez que é económica e ambientalmente insustentável o transporte do produto a longas distâncias.

#### **3.4.4 Líquido Clarificado**

O líquido clarificado, resultante do digerido, tem baixos níveis de uma grande diversidade de nutrientes, o que, combinado com o elevado teor de água, o torna benéfico para irrigação de campos agrícolas, com o efeito acumulado de os fertilizar (fertirrigação).

Este líquido tem ainda vindo a ser utilizado em vários casos para a produção de biomassa para fins alimentares, integrando várias actividades como poderão ser a pecuária, agricultura e a aquacultura, através. Este princípio foi descrito, por exemplo, por Bardach e Santerre no 1st Workshop of the World Hunger Program of the United Nations University.

### **3.5 HIGIENIZAÇÃO DOS PRODUTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA**

De acordo com ETSU (1997), a digestão anaeróbia mesofílica, aplicada na maioria dos digestores, reduz para níveis indetectáveis as larvas e ovos de parasitas, mas não os oócitos. As bactérias patogénicas são eliminadas numa percentagem de cerca de 90%. Ainda assim, verifica-se que a digestão por si só não é suficiente para garantir uma higienização dos seus produtos, principalmente se estes se destinarem a fertilização ou aplicação ao solo.

Por outro lado, o processo termofílico, apesar de garantir uma maior eficiência na eliminação de patogénicos, não é muitas vezes suficiente para garantir os níveis desejáveis de descontaminação.

Os parâmetros que condicionam a higienização dos produtos da digestão anaeróbia são principalmente a temperatura a que são sujeitos em determinada fase do processo ou na sua totalidade, em combinação com o tempo mínimo de retenção garantido (TMRG). Para uma redução mais efectiva da contaminação, poderá efectuar-se uma pasteurização, caracterizada pelo aquecimento dos substratos ou dos produtos a uma temperatura mínima de 70°C, durante pelo menos uma hora.

Na ausência de legislação nacional sobre este tema, apresentam-se no Quadro 3 os requisitos impostos para os produtos da digestão anaeróbia de resíduos com elevado risco de contaminação (lamas de ETAR, fracção orgânica dos RSU, chorumes...) regulamentados na Dinamarca, pioneira também no controlo da aplicação de resíduos para fins agrícolas. Estes requisitos combinam determinados tempos de retenção com as respectivas temperaturas, por forma e igualar o grau de higienização obtido na pasteurização a 70°C, durante uma hora.

**Quadro 3** – Higienização controlada, equivalente a uma hora a 70°C, conforme requisito legal Dinamarquês (Statutory order from the Ministry of Environment and Energy no. 49, 20/01/2000) (Ferreira, 2002)

Temperatura (°C)	TMRG <sup>1)</sup> em digestor termofílico <sup>2)</sup> (h)	TMRG <sup>1)</sup> – tratamento em tanque de higienização separado	
		Antes ou depois de digestão termofílica <sup>2)</sup> (h)	Antes ou depois de digestão mesofílica <sup>3)</sup> (h)
52,00	10,0	--	--
53,50	8,0	--	--
55,00	6,0	5,5	7,5
60,00	--	2,5	3,5
65,00	--	1,0	1,5

1) Tempo mínimo de retenção garantida

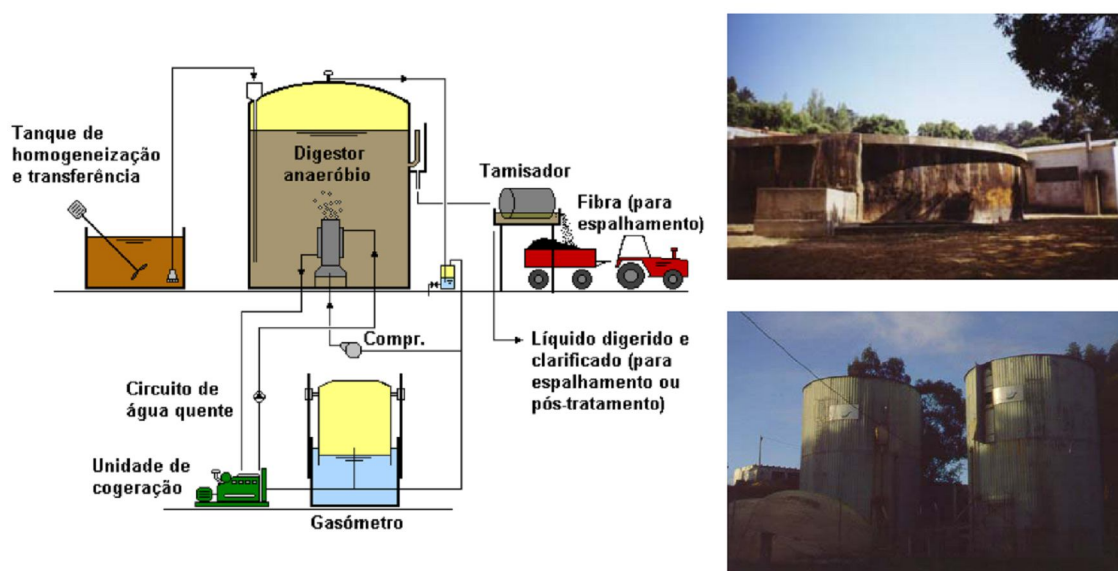
2) Digestão termofílica aqui definida como o tratamento de pelo menos 7 dias de retenção hidráulica à temperatura de 52 °C

2) Digestão mesofílica aqui definida como tratamento de pelo menos 14 dias de retenção hidráulica à temperatura de 20 – 52 °C

### 3.6 A ESCALA DAS INSTALAÇÕES

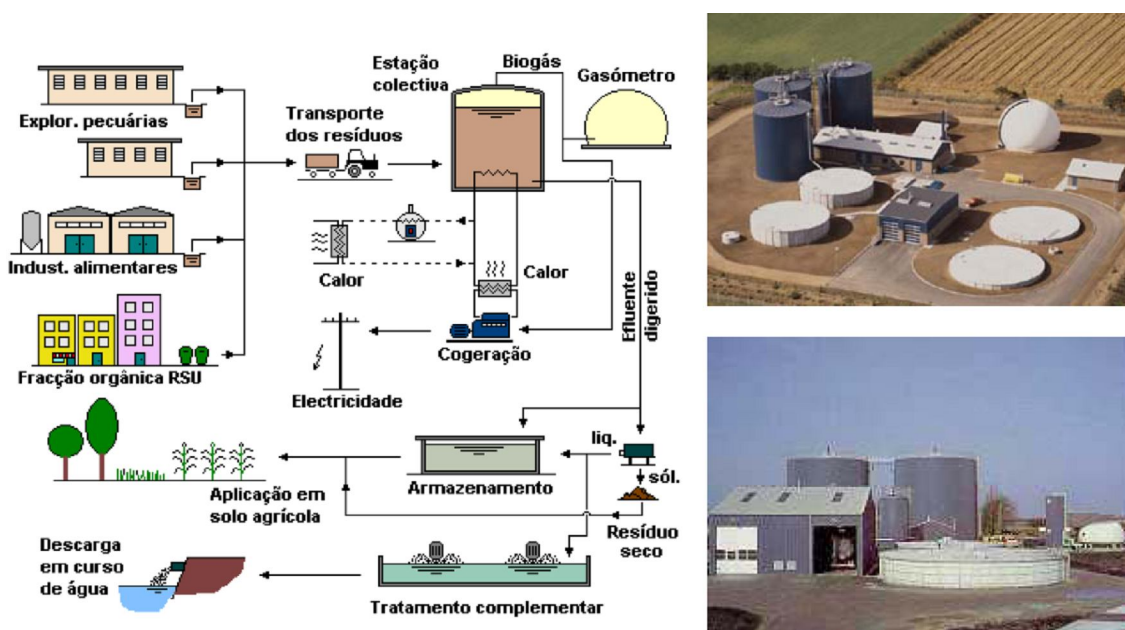
A digestão anaeróbia pode e tem vindo a ser aplicada em várias escalas, que se podem dividir em:

- ✓ Instalações individuais, na unidade agro-pecuária (ou de outra natureza) utilizando apenas os resíduos gerados por este produtor – existe uma longa experiência neste tipo de unidades e a aplicação desta tecnologia parece ter boas perspectivas de evolução, tendo em conta os avanços efectuados a nível de projecto, operação e manutenção que vem a contrariar o encerramento de numerosas instalações nas décadas de 1970 e 80;



**Figura 6** – Representação esquemática e fotografias de instalações individuais de digestão anaeróbia em unidades agro-pecuárias (Vale Henriques, Azambuja e Vicente Nobre, Rio Maior) (Santos, 2003)

- ✓ Instalações locais, em regime cooperativo, que permite o tratamento conjunto dos resíduos de alguns (poucos) produtores vizinhos – na linha das anteriores, podem ser uma boa alternativa para lugares com poucos produtores e de pequenas dimensões, que possam associar-se para rentabilizar os seus sistemas de gestão de resíduos;
- ✓ Instalações centralizadas, que permitem o processamento de resíduos de várias fontes a nível regional, incluindo alguns resíduos agro-industriais – tecnologia bastante mais recente, em que se revela fundamental a utilização de co-substratos, quer pela melhoria do processo de digestão, quer por uma questão estratégica de gestão de resíduos orgânicos a nível regional. Esta tecnologia está associada à necessidade de um sistema de transporte dos resíduos desde a sua origem até à estação, implicando, por vezes, o seu armazenamento temporário, bem como o armazenamento dos produtos da digestão. Na Europa existem dezenas de sistemas deste tipo em funcionamento, com destaque para a Dinamarca onde houve uma forte aposta nas estações centralizadas de biogás (ECB).



**Figura 7** – Representação esquemática e fotografias de ECB (Dinamarca) (Santos, 2003)

De notar, em relação à escala das instalações, que quanto maior a sua dimensão, maior a complexidade de gestão do sistema no que diz respeito às questões técnicas de operação mas também quanto ao fornecimento adequado de substrato e escoamento dos produtos. Admite-se, no caso das instalações centralizadas, que o raio crítico para o transporte de resíduos seja de cerca de 25 km, tendo em conta o tipo de resíduos (pastosos de grande densidade) e as dificuldades associadas.

O modelo adoptado é variável de país para país, de acordo com as características regionais que determinam o seu sucesso, nomeadamente: os tipos e quantidades de substrato disponíveis, custos e distâncias de transporte de substratos e produtos, valor de mercado da energia eléctrica, calor e fertilizantes produzidos e factores sociais como a aceitação/cepticismo, posição da administração local, criação de emprego, etc.

Por exemplo, na Dinamarca, desde 1988 vários programas governamentais promoveram a construção de estações centralizadas de biogás (ECB), através de planos de acção integrados e um programa específico para o biogás. O objectivo inicial era centrado na produção de energia através de uma fonte alternativa e mais sustentável, mas cedo se percebeu que estas unidades resolviam um conjunto de problemas associados à agro-pecuária, energia e ambiente (Alves, 2008). Assim, actualmente as ECB são, na Dinamarca, consideradas como unidades integradas de produção de energia, gestão de chorumes e outros resíduos orgânicos e reciclagem de nutrientes que retornam ao solo como fertilizantes orgânicos, prevenindo a necessidade de fertilização química.

Pelo contrário, na Alemanha foi promovido o conceito descentralizado e assistiu-se a um crescimento da potência instalada devido à adopção de tarifas que promovem a venda de electricidade a preços muito favoráveis. A estrutura da tarifa alemã promoveu a proliferação de unidades baseadas na digestão ou co-digestão de culturas energéticas durante os anos 2004-2006. Actualmente, com o aumento dos custos de produção de cereais, foi reduzida a viabilidade económica das unidades que se baseavam essencialmente nestes substratos, pelo que se prevê uma desaceleração na tendência de crescimento prevista até 2020 (Alves, 2008).





#### **4 O SECTOR DA SUINICULTURA EM PORTUGAL**

O crescimento económico e o desenvolvimento das sociedades, associado a produções cada vez mais intensivas, têm criado situações de desequilíbrio e pressão ambiental sobre os tradicionais “sumidouros” de matéria orgânica e de nutrientes.

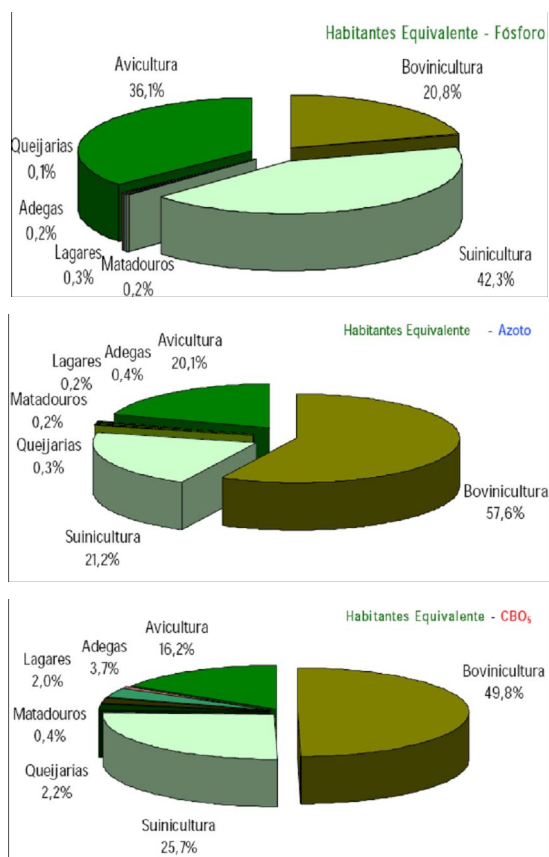
De acordo com os Ministérios do Ambiente e do Ordenamento do Território e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas do ponto de vista económico, a agro-pecuária e a agro-indústria são as actividades mais significativas em algumas regiões do País, chegando a ser o principal sector económico em certos concelhos. Do ponto de vista social, este tipo de actividades/sectores tem, por vezes, uma importância decisiva na fixação da população activa nas regiões onde se encontram instaladas.

No entanto, o impacte ambiental e a contribuição das actividades agro-pecuárias e agro-industriais para a poluição gerada em certas bacias hidrográficas são frequentemente muito superiores à poluição hídrica produzida pela população dessa mesma região. Estes problemas são muitas vezes agravados pela elevada concentração territorial de unidades produtivas de diversos sectores.

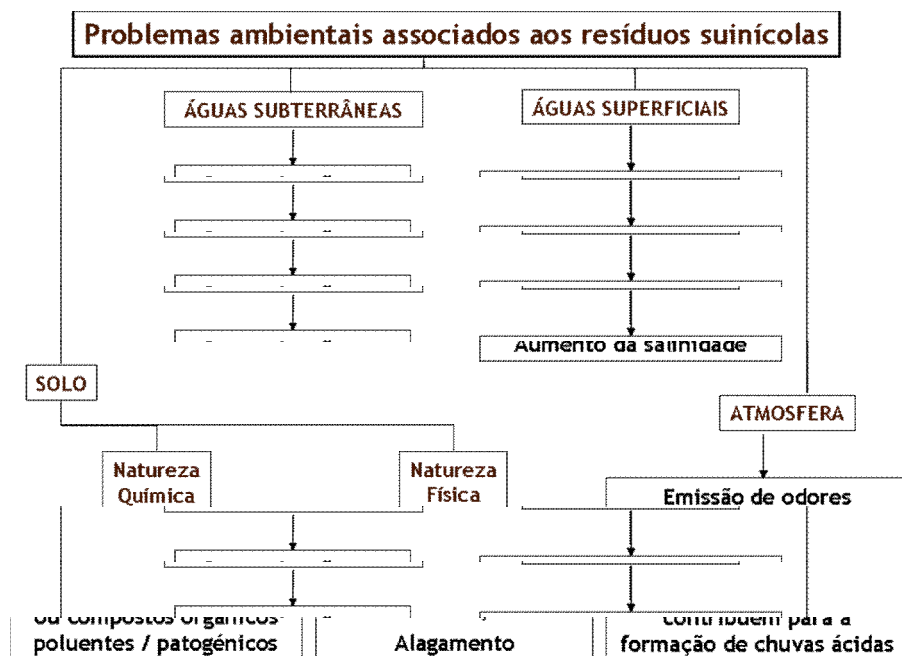
Em Março de 2007, o documento que estabelece a Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais anunciou que nos próximos sete anos deverão ser investidos cerca de 850 milhões de euros no tratamento de efluentes provenientes de explorações agro-industriais e agropecuárias.

Nomeadamente, para os sectores da bovinicultura, suinicultura, avicultura, matadouros, lagares, lacticínios e adegas. O objectivo é definir uma estratégia sustentável que se enquadre no QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional. (AMBIENTE ON LINE, 2007).

Verifica-se que este conjunto de sectores tem o maior contributo para a carga poluente que atinge grande parte das bacias hidrográficas nacionais. Para a carga de fósforo, o sector das suiniculturas é efectivamente o que tem o maior contributo (Figura 8). No entanto, também no caso da carga de azoto e de CQO (carência química de oxigénio), o contributo das suiniculturas é bastante significativo. Na Figura 9 resumem-se os principais problemas ambientais associados à má gestão de resíduos de suiniculturas.



**Figura 8** – Distribuição da carga Poluente por sector (em % de Hab. Equivalente)(ENEAPAI)

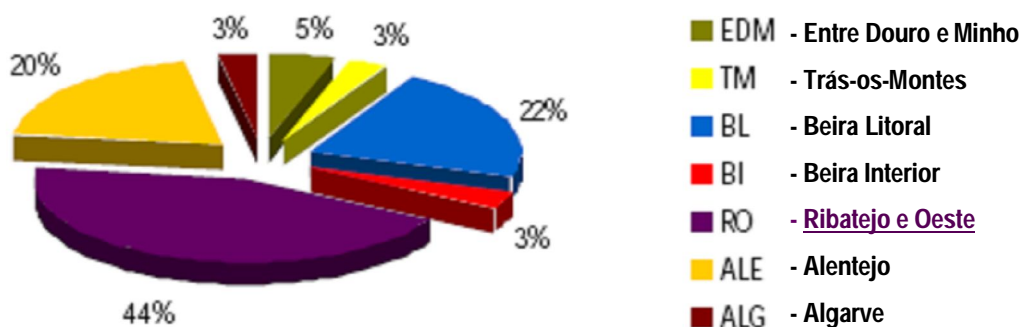


**Figura 9** – Esquematização dos principais problemas associados à má gestão de resíduos de suiniculturas  
(Adaptado de: Isabel Araújo e Susana Ferreira, Instituto Superior Técnico, 2004)

Segundo os Ministérios do Ambiente e do Ordenamento do Território e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, o sector da produção de suínos em Portugal representou,

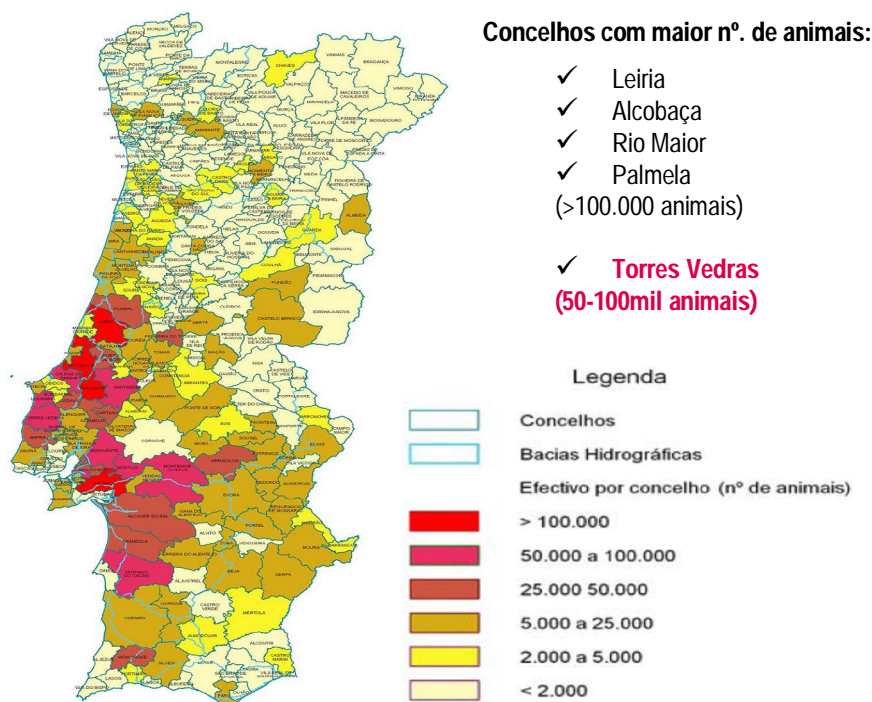
em média, um volume de negócio anual entre 2002 e 2004, de 449 M€, o que se traduziu, para o mesmo período, em 21% da produção animal e 8% da produção total da agricultura.

A Região do Ribatejo e Oeste é a que maior número de efectivos concentra (cerca de 44% do efectivo suíno continental), conforme se verifica na Figura 10.



**Figura 10** – Distribuição regional do efectivo de suínos (ENEAPAI, 2007)

Ao nível da distribuição por concelho (Figura 11) verifica-se que os concelhos com o maior efectivo animal são os de Leiria, Alcobaça, Rio Maior e Palmela, com mais de 100.000 efectivos. Torre Vedras encontra-se na classe dos 50.000 a 100.000 efectivos, juntamente com outros concelhos. É de salientar o facto de um terço dos efectivos se concentrar num número reduzido de explorações (apenas 1,1% das totais) com 200 ou mais animais (ENEAPAI).



**Figura 11** – Distribuição do efectivo de suínos por concelho (ENEAPAI, 2007)

Para as regiões do Lis, do Oeste e de Monchique encontram-se em fase de implementação alguns projectos para a resolução dos problemas ambientais gerados pelos resíduos do sector, de acordo com a ENEAPAI.

No caso particular da despoluição do Rio Lis, encontra-se já em funcionamento a ETAR de Leiria Norte que se destina maioritariamente a águas residuais domésticas, com 5% da sua capacidade reservada a efluentes de suiniculturas (<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=7268>, 17 / 11 / 2008). Esta ETAR vai também receber o efluente pré-tratado da futura Estação de Tratamento de Efluentes de Suiniculturas da SIMLIS (em construção) para dar a este efluente a qualidade suficiente para ser descarregado no meio aquático. Segundo a RECILIS (<http://ultimahora.publico.clix.pt/noticia.aspx?id=1359495&idCanal=59>, 19 / Novembro / 2008) a tarifa estimada para a recepção dos efluentes nas ETES ascenderão aos 5,7 € por metro cúbico de efluente, considerada elevada pela própria RECILIS.

No caso da Região Oeste, está actualmente em construção a ETAR de São Martinho do Porto (Oeste) que irá receber efluentes de suiniculturas e domésticos, num total de 120 m<sup>3</sup>/dia, representando um orçamento estimado em sete milhões de euros e abrangendo cerca de 17.000 suínos. Além disso, para a região Oeste estão adjudicadas as estações de Tornada (Louções) e Real e Arnóia com capacidade respectiva de 950 m<sup>3</sup>/dia e 200 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente (Águas do Oeste, 2007). No caso das estações de tratamento do Oeste, a tarifa a aplicar é estimada num valor um pouco inferior ao referido anteriormente, cerca de cinco euros por metro cúbico de efluente, o que equivale, em média, a dez cêntimos por quilo de carne, de acordo com declarações do Secretário de Estado Adjunto da Agricultura, em Março de 2007 ([http://jn.sapo.pt/2007/03/03/pais/tratamento\\_efluentes\\_custa\\_centimos](http://jn.sapo.pt/2007/03/03/pais/tratamento_efluentes_custa_centimos), 22 / Abril / 2008)

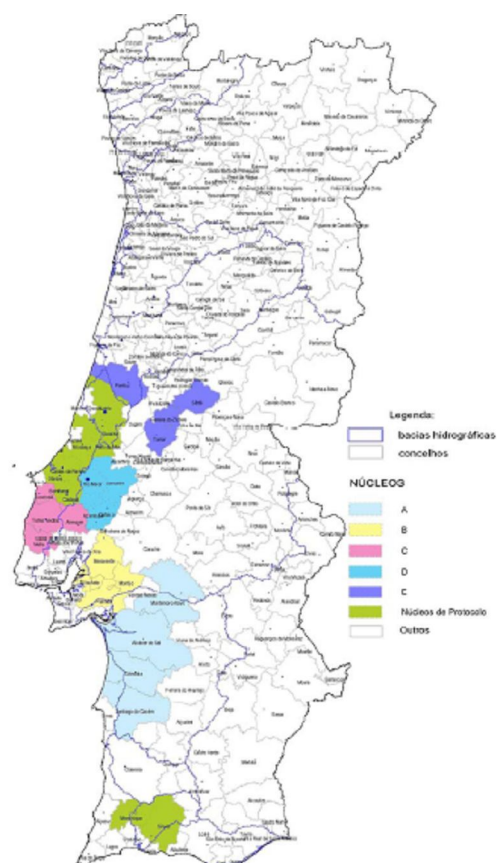
É de salientar que em ambos os casos os valores sugeridos ou estimados para as tarifas a aplicar reflectem o valor necessário para viabilizar a implementação da estrutura, tendo em conta os incentivos a fundo perdido por parte de apoios estatais e comunitários, na ordem dos 30 % (ainda segundo o Secretário de Estado Adjunto da Agricultura em Março de 2007). Assim, o valor a suportar pelos utilizadores é o diferencial entre o total do investimento e os apoios concedidos.

O sector das suiniculturas tem contempladas áreas de intervenção actualmente abrangidas por Protocolos de Cooperação no Âmbito da Despoluição de Bacias Hidrográficas (do Rio Lis, dos Rios Tornada, Real e Arnóia, da Ribeira de Odeáxere e do Rio Arade) assinados entre os Ministérios do Ambiente e do Ordenamento do Território e da Agricultura, do Desenvolvimento

Rural e das Pescas e Associações do sector. Além disso, na ENEAPAI são identificadas as zonas de maior pressão e definidos 5 Núcleos de Acção Prioritária, identificados no Quadro 4.

**Quadro 4** – Núcleos de Acção Prioritária para o sector da suinicultura (ENEAPAI, 2007)

Núcleos	Explorações por núcleo		Total efectivo por núcleo		Concelhos	N.º de Explorações	Efectivo Total
	N.º	%	N.º	%			
A	337	3%	226.700	9%	Alcácer do Sal	30	27.800
					Grândola	86	30.900
					Montemor-o-Novo	93	98.700
					Santiago do Cacém	128	69.300
B	607	6%	311.900	13%	Alcochete	72	36.600
					Benavente	45	61.800
					Montijo	196	98.400
					Palmela	294	115.100
C	303	3%	180.100	7%	Lourinhã	80	52.200
					Mafra	56	39.000
					Torres Vedras	125	70.200
					Alenquer	42	18.700
D	1.091	10%	366.600	14%	Azambuja	43	47.000
					Cartaxo	39	38.000
					Rio Maior	579	165.800
					Santarém	430	85.800
D	156	1%	85.200	3%	Ferreira do Zêzere	68	27.100
					Pombal	40	39.000
					Sertã	13	9.900
					Tomar	35	9.200
Protocolos de Cooperação	2.613	24%	610.500	25%	Alcobaça	865	218.500
					Batalha	96	20.600
					Bombarral	21	2.600
					Cadaval	116	32.200
					Caldas da Rainha	474	59.600
					Leiria	597	195.100
					Monchique	88	30.500
					Óbidos	17	3.100
					Porto de Mós	276	36.200
					Silves	63	12.100
Totais		47%		71%		5.107	1.751.000



**Figura 12** – Localização geográfica dos núcleos de Acção Prioritária para a gestão de resíduos de suiniculturas (ENEPAI, 2007)

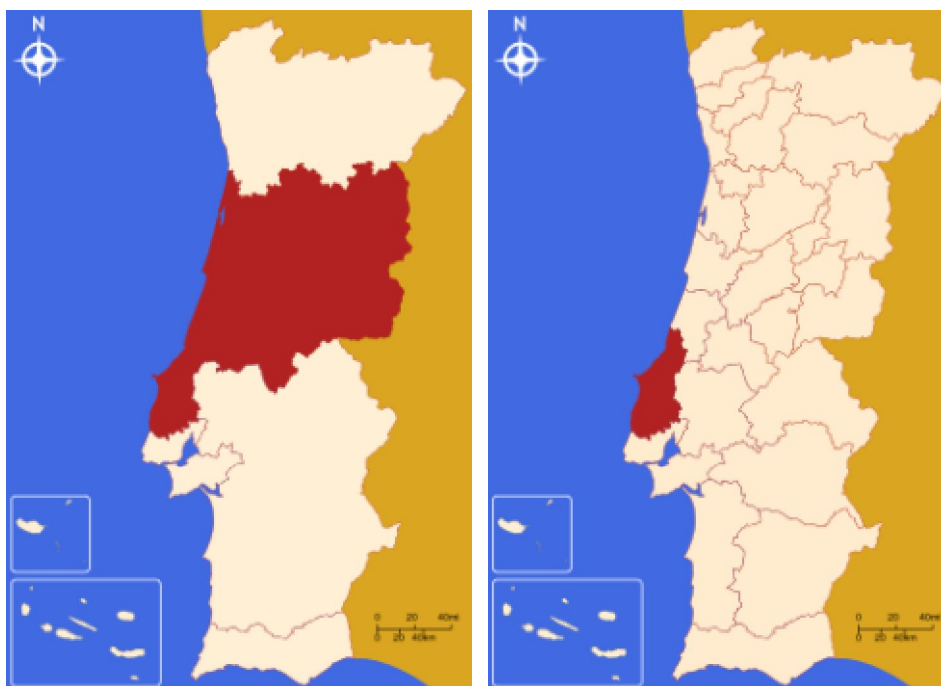
Como se verifica, o concelho de Torres Vedras pertence ao núcleo prioritário C, estando referenciado na ENEPAI com 125 explorações e um efectivo de 70.200 animais.

## 5 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

### 5.1 A REGIÃO OESTE

O território português divide-se em regiões e sub-regiões estatísticas, de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1059/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de Maio de 2003, relativo à instituição de uma Nomenclatura comum das Unidades Territoriais Estatísticas (NUTS), que estão subdivididas em 3 níveis: NUTS I, NUTS II e NUTS III.

A Região Oeste é uma denominação de NUTS III actualmente pertencente à NUTS II Região Centro (antes de 2002/2003, data da última revisão das NUTS, pertencia à NUTS II Lisboa e Vale do Tejo, pelo que algumas publicações se referem à região neste contexto).



**Figura 13** – Localização da Região Centro (NUTs II) e da Região Oeste (Região NUTs III)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o do Centro \(Portugal\);](http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_do_Centro_(Portugal);)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Oeste \(sub-regi%C3%A3o\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Oeste_(sub-regi%C3%A3o)) 26 / 12/ 2008)

A região Oeste abrange um território de 2794 km<sup>2</sup>, marcados pelo Oceano Atlântico e pela urografia irregular. O Oeste é constituído por treze municípios, com uma população total de cerca de 350 mil habitantes: Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Rio Maior, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras.

Esta região encontra-se entre a área metropolitana de Lisboa e as zonais mais rurais a Norte, com a influência do Oceano Atlântico, a Poente, e do Rio Tejo a Nascente, apresentando uma

grande diversidade geográfica (mais de 100 km de costa pontuada por falésias, arribas e praias complementadas pelo sistema montanhoso “Montejunto e Candeeiros”).

A Região Oeste é uma região de contrastes em vários aspectos. Concentra actividades económicas diversas que vão da agricultura de pequeno porte ao turismo costeiro, intenso no Verão, entre outras com características claramente urbanas, mas também algumas associadas ao mundo rural. Exibe ainda diferenças demográficas, como a alta concentração humana em municípios do litoral, como Peniche, por exemplo, com uma densidade populacional de 352,9 hab/km<sup>2</sup> (sendo a média nacional de 112,3 hab/km<sup>2</sup>), e bastante baixa em áreas rurais, muitas vezes vizinhas, como o interior de Óbidos, que tem uma densidade populacional de 76 hab/km<sup>2</sup>. Torres Vedras é o município mais populoso, com cerca de 73 mil habitantes, enquanto Sobral de Monte Agraço não atinge os 9 mil (AIRO, 2007).

De acordo com caracterização de classe de ocupação do solo, indicado no Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo – PROTOVT de 2006, a região Oeste tem 51,50% do seu território total definido como área agrícola, 25,42% como área florestal, 7,28% como área silvestre e apenas 13,48% de área edificada. Isto demonstra claramente a importância económica do sector agro-pecuário da região. Na sua grande maioria, estas propriedades são de pequena extensão e com uma produção que se divide em horticulturas, fruticulturas, vinhas e alguns olivais. (CCDR-LVT, 2006). No que toca à pecuária, verifica-se que é uma das actividades determinantes na economia da região. A criação de bovinos, ovinos e caprinos e, em particular, de suínos, representa, na região, 50% desta actividade às quais se junta a avicultura e a pesca.

Considerando as diversas actividades económicas que caracterizam a região Oeste, verifica-se ainda uma especial predominância da indústria agro-alimentar (com a maior produção concentrada nos concelhos de Lourinhã, Azambuja, Alenquer e Torres Vedras), logicamente associada às actividades primárias que a alimentam.

Do ponto de vista da força de trabalho, a Região caracteriza-se ainda pela insuficiente qualificação, uma vez que 40% da população residente apenas possui o grau de instrução equivalente ao 1º ciclo, notando-se assim, a baixa taxa de escolaridade média e a falta de quadros técnicos. A elevada taxa de desemprego centra-se em desempregados à procura de novo emprego, isto é, mão-de-obra com alguma experiência.

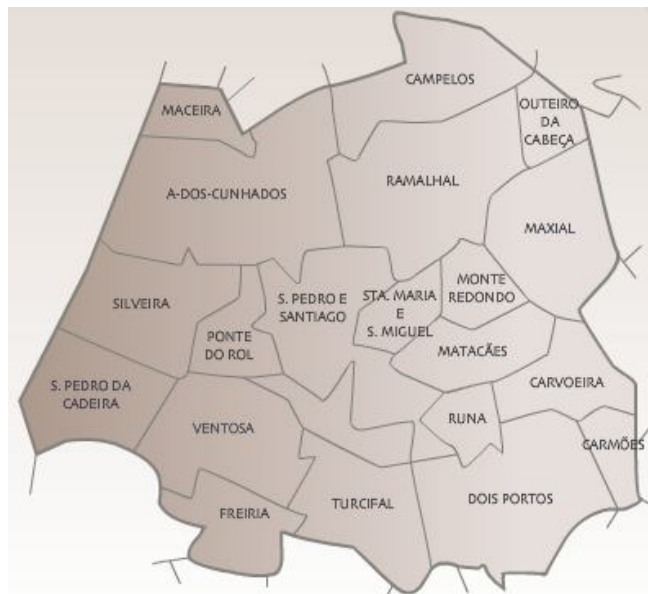
Em suma, é de realçar, na região, o carácter endógeno que apresentam alguns ramos de actividade agro-pecuária e industrial, que configuram o perfil de especialização tradicional da Região, bem como as potencialidades locais para o desenvolvimento das indústrias agro-



alimentares. No entanto, o grau de internacionalização da Região não é, ainda, suficientemente expressivo, condicionando a sua afirmação externa (AIRO, 2007).

## 5.2 O CONCELHO DE TORRES VEDRAS

O Concelho de Torres Vedras, pertencente ao distrito de Lisboa, é um dos que constituem a Região Oeste. Tem uma área de 407,10 km<sup>2</sup> divididos por 20 freguesias (Figura 14) e tem uma população de cerca de 75.494 habitantes.



**Figura 14** – Freguesias do concelho de Torres Vedras (<http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cdl/>, 26 / 12/ 2008)

Conforme se verifica no mapa da Figura 15, o concelho é limitado a Norte pelo concelho de Lourinhã, a nordeste pelo concelho de Cadaval, a Este pelo concelho de Alenquer, a Sudeste pelo de Sobral de Monte Agraço e a Sul, já fora da Região Oeste, pelo concelho de Mafra. A fronteira Oeste do município é o Oceano Atlântico cuja influência se faz sentir em vários aspectos que caracterizam o concelho, desde o clima às actividades turísticas.



**Figura 15** – Localização do Concelho de Torres Vedras (<http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/>, 26 / 12 / 2008)

A densidade populacional do município é de 179,97 hab/km<sup>2</sup>, no entanto verifica-se uma forte concentração de população nas freguesias de S. Pedro e S. Tiago (557,5 hab/km<sup>2</sup> – Zona Urbana da Cidade de Torres Vedras), Santa Maria e S. Miguel (287,8 hab/km<sup>2</sup>) e Silveira (260,9 hab/km<sup>2</sup>).

A economia municipal assenta essencialmente na agropecuária, silvicultura, indústria alimentar, comércio retalhista, indústria têxtil, gráficas, serviços públicos e privados (banca e seguros) e turismo.

O município de Torres Vedras é o município do Oeste que mais contribui para a produção de riqueza nesta região, correspondendo a 0,6% do PIB (Produto Interno Bruto, 2004) (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2008).

Quanto à localização das actividades industriais, o novo PDM (Plano Director Municipal - Resolução do Conselho de Ministros n.º 144/2007, de 26 de Setembro de 2007) tem como objectivo, entre outros, a relocalização das indústrias fora dos perímetros urbanos. Neste momento estão identificadas quatro zonas industriais de características concelhias, assinaladas no mapa da Figura 16, onde se devem localizar todas as indústrias de classe A (as que apresentam maiores impactes no ambiente).

Além destas quatro áreas, existem em todas as freguesias zonas industriais de características locais onde se podem instalar as indústrias não compatíveis com o uso urbano.



**Figura 16** – Localização das zonas industriais concelhias no município de Torres Vedras

(<http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cdl/>, 26 / 12 / 2008)

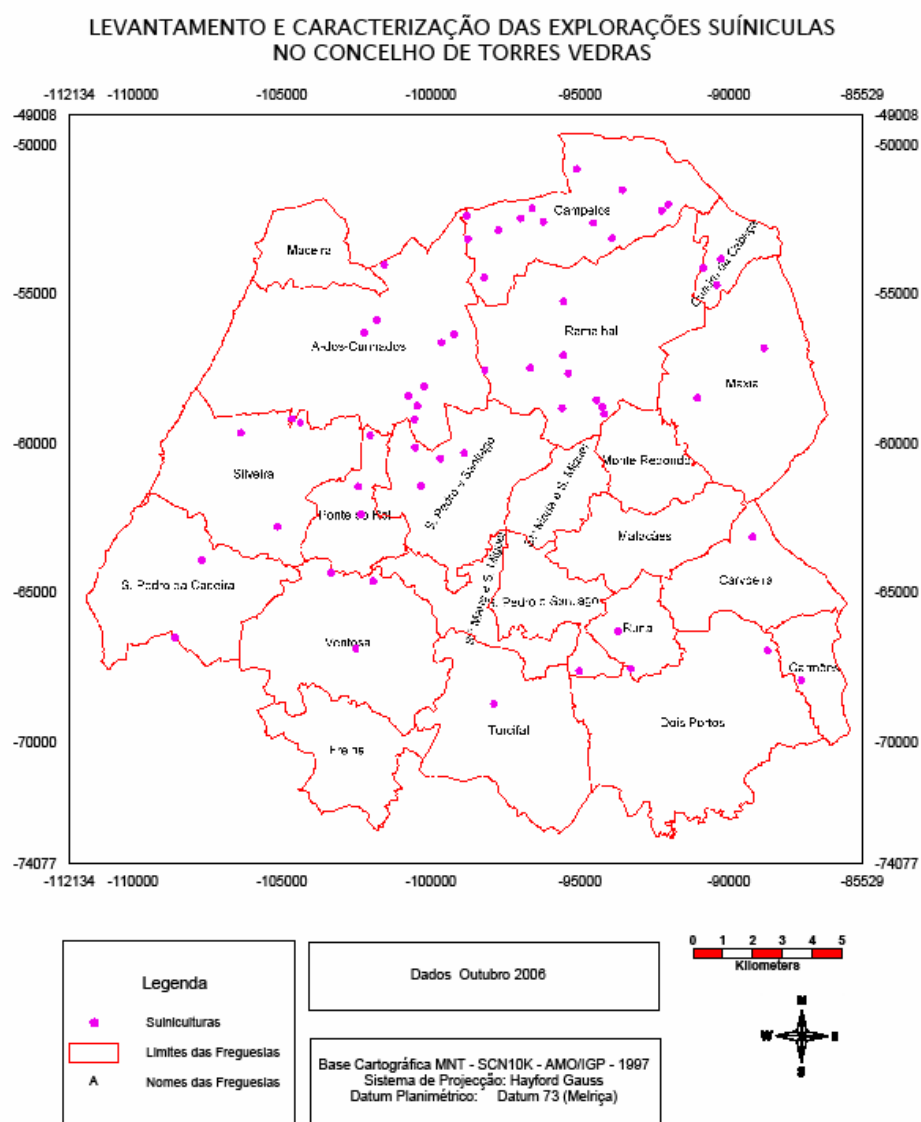
### 5.3 A SUINICULTURA EM TORRES VEDRAS

A Câmara Municipal de Torres Vedras tem vindo a mostrar um crescente interesse e uma atitude pró-activa para a resolução dos seus problemas ambientais. Um dos graves problemas ambientais que assola a região é a enorme quantidade de resíduos orgânicos resultantes das actividades agropecuárias, nomeadamente, suiniculturas, aviculturas, matadouros, etc.

Segundo o jornal "Oeste On-line" (2007), o concelho de Torres Vedras possui 39 suiniculturas com mais de 30 animais e um efectivo total de cerca de 63 mil animais. Este efectivo polui tanto como uma cidade com trezentos mil habitantes (quatro vezes a população do concelho), mas, apesar disso, ainda não foi encontrada uma solução para o tratamento dos efluentes agro-industriais.

Com vista à procura de soluções, a Câmara Municipal de Torres Vedras levou a cabo um estudo de caracterização para vários sectores, um dos quais a suinicultura (Levantamento e Caracterização da Situação Existente nas Suiniculturas do Concelho de Torres Vedras, 2007). Os resultados deste estudo permitem ter uma visão mais real e actual sobre o sector, servindo de base ao desenvolvimento da parte prática da presente dissertação.

Este levantamento revelou a existência de 59 explorações de diversas dimensões e tipologias, que equivalem, no total, a mais de 67 mil animais-equivalente, e cuja localização se observa na carta da Figura 17.



**Figura 17** – Localização das explorações de suinicultura no concelho de Torres Vedras (C.M. Torres Vedras, 2007)

Em número de explorações verificou-se que as explorações familiares representavam cerca de 34% do total, enquanto 66% são explorações industriais. No entanto, em termos de efectivos, as instalações industriais representam mais de 95% dos efectivos.

No que diz respeito à tipologia das instalações, as explorações industriais podem ser:

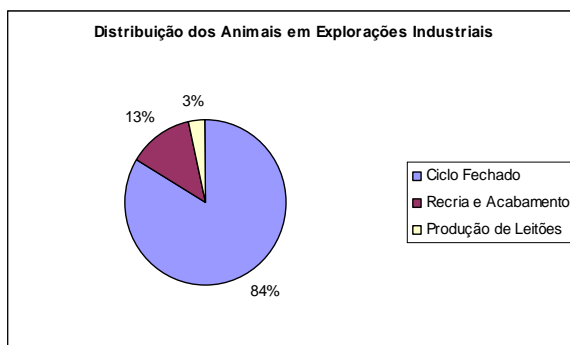
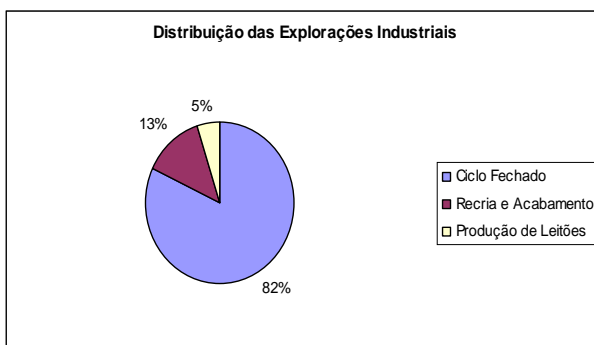
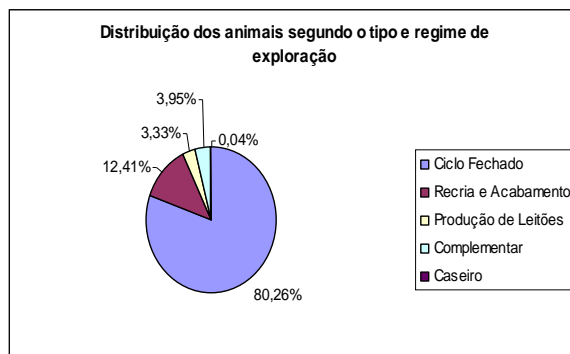
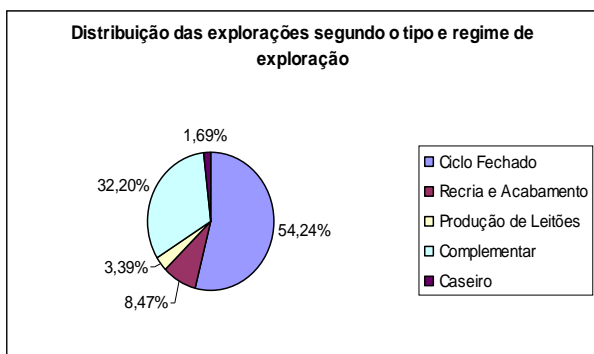
- ✓ **Ciclo Fechado** – unidade onde são criados os suínos desde o nascimento até à idade adulta. As explorações dividem-se nas seguintes secções: reprodução, gestação, aleitamento e engorda;
- ✓ **Recria e acabamento** – unidade que recebe leitões com cerca de três meses de idade e onde são criados (sujeitos ao processo de engorda) até à idade adulta;

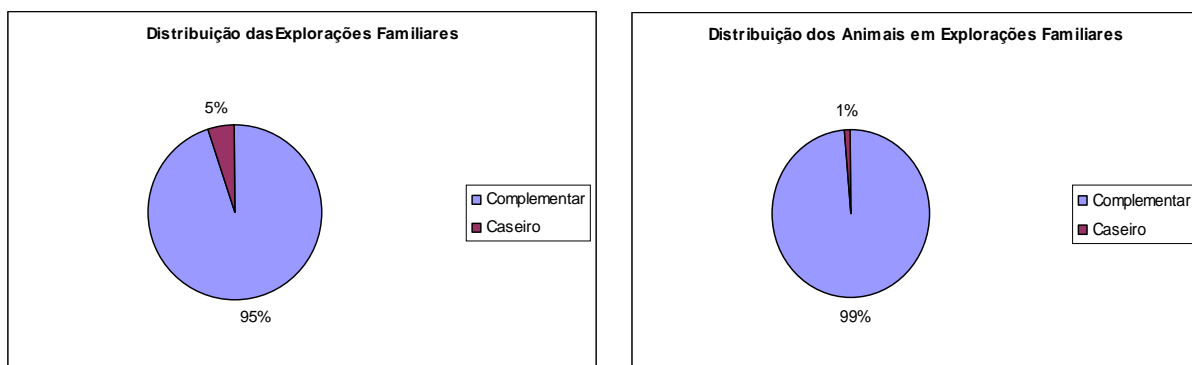
- ✓ **Produção de leitões e reprodução** – unidade que possui apenas porcas reprodutoras e leitões (até cerca de 3 meses de idade).

Já as explorações familiares podem dividir-se em:

- ✓ **Complementar** – explorações familiares que exploram mais de 3 e menos de 20 porcas reprodutoras e/ou mais de 30 e menos de 200 porcos em engorda, em regime intensivo, semi-intensivo ou extensivo;
- ✓ **Caseira** – explorações familiares que exploram, no máximo por agregado familiar, 3 fêmeas e um macho e/ou 30 porcos de engorda, em regime intensivo, semi-intensivo ou extensivo.

No concelho de Torres Vedras verificou-se que a maioria das explorações funciona em regime de ciclo fechado, sendo este o regime aplicável para cerca de 80% dos efectivos. Este é o regime da maioria das instalações industriais (82% das instalações e 84% dos efectivos), enquanto nas instalações familiares o regime complementar é o mais representativo com 95% das explorações e 99% dos efectivos animais.





**Figura 18** – Distribuição das explorações e animais por tipos e regime de exploração (C.M. Torres Vedras, 2007)

Verifica-se então, que as explorações de menores dimensões são menos significativas entre as explorações familiares, pelo que poderá fazer sentido que os suinicultores (quer de explorações familiares, quer industriais) tratem ao nível local, individualmente ou em pequenas cooperativas, os resíduos resultantes desta actividade, aproveitando os produtos resultantes, bem como a energia potencialmente produzida.

## 6 METODOLOGIA

A Metodologia do estudo desenvolvido foi dividida de acordo com as seguintes etapas:

- ✓ Definição da área geográfica a estudar;
- ✓ Recolha de informação;
- ✓ Construção do modelo de análise no *software* UMBERTO – Solução centralizada;
- ✓ Construção de cenários alternativos – soluções descentralizadas a nível individual, de freguesia, de área com maior concentração de explorações ou de animais equivalentes, tendo em conta os constrangimentos no terreno, nomeadamente em termos de instrumentos de planeamento regional como o PDM) de acordo com as melhores possibilidades identificadas durante o trabalho.

### 6.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA GEOGRÁFICA A ESTUDAR

A área geográfica a estudar, para o desenvolvimento o presente trabalho, foi seleccionada com base em factores de várias ordens.

A empresa de acolhimento da mestranda durante a realização da dissertação, a CEIFA *ambiente*, Lda., tem a sede da localizada na região Oeste que é, como se verificou no capítulo sobre o sector da suinicultura, uma região crítica na gestão de resíduos orgânicos gerados pelo sector. Assim, era do interesse da empresa que o estudo se desenvolvesse nesta região.

Verificou-se, através de uma análise bibliográfica e de notícias publicadas em vários órgãos de comunicação social regionais e nacionais, quais os municípios em que os resíduos do sector das suiniculturas se revelavam efectivamente um problema grave, estando o de Torres Vedras entre estes. Após esta fase foram realizados alguns contactos ao nível municipal. A Câmara Municipal (C. M.) de Torres Vedras foi a que se mostrou mais disponível para colaborar neste trabalho, fornecendo alguma informação que tinha já disponível. Um dos factores decisivos foi precisamente a existência de informação actualizada sobre o sector (Levantamento e Caracterização da Situação Existente nas Suiniculturas do Concelho de Torres Vedras, desenvolvido em 2007) e a sua disponibilização. Além disso, esta Câmara mostrou também um interesse nos resultados do estudo.

Em suma, o Município de Torres Vedras foi seleccionado como a área geográfica a estudar devido a:

- ✓ Importância do problema neste município;
- ✓ Ausência de soluções imediatas;
- ✓ Disponibilidade de informação;

- ✓ Interesse dos Actores (neste caso, da Câmara Municipal) nos resultados do estudo;
- ✓ Interesse da entidade de acolhimento da mestranda.

## 6.2 RECOLHA DE INFORMAÇÃO

Para se desenvolver a parte prática deste trabalho (a modelação de cenários de gestão de resíduos de suiniculturas), foi necessária uma informação de base bastante completa sobre a produção de resíduos de suiniculturas na área geográfica a estudar. A informação necessária foi sistematizada na Quadro 5.

**Quadro 5** – Informação identificada como necessária para o desenvolvimento do trabalho

Decisão / Informação a recolher	Entidade a Consultar
1. Conhecimento do sector na área geográfica a estudar:	
✓ N° de explorações e sua localização geográfica	
✓ Tipo de produção praticada em cada exploração	
❖ <b>Ciclo Fechado</b> - unidade onde são criados os suínos desde o nascimento até à idade adulta. As explorações dividem-se nas seguintes secções: reprodução, gestação, aleitamento e engorda	Câmara Municipal de Torres Vedras
❖ <b>Recria e acabamento</b> - unidade que recebe leitões com cerca de três meses de idade e onde são criados (sujeitos ao processo de engorda) até à idade adulta;	
❖ <b>Produção de leitões e reprodução</b> - unidades que possuem apenas porcas reprodutoras e leitões (até cerca de 3 meses de idade).	Produtores ? (Através da Câmara Municipal e do levantamento efectuado)
❖ <b>Outra</b> (em explorações familiares)	
✓ N° de efectivos em cada exploração	
✓ Quantidade e qualidade dos chorumes produzidos carga orgânica gerada pelos suínos (caso não seja possível, é estimável com base na restante informação, de acordo com fontes bibliográficas e legislação aplicável)	
✓ Localização das explorações e distâncias relativas entre si e / ou à localização das estações de tratamento	

A C. M. de Torres Vedras disponibilizou a informação necessária, sendo que, dos dados referidos no Quadro 5, apenas não foi disponibilizada a quantidade de chorumes produzidos / carga orgânica gerada pelos suínos. Esta quantidade foi estimada com base em fontes bibliográficas (HIDROPROJECTO, 2002), de acordo com o número de animais-equivalente das explorações (definido como número de suínos de 45 kg, peso médio dos animais em ciclo fechado). Para a determinação do número de animais-equivalente, foram usadas as equivalências estabelecidas na Portaria nº 810/90 de 10 de Setembro, nomeadamente:

- ✓ Numa exploração em ciclo fechado (ou seja, as que se dedicam à produção de leitões e à recria e acabamento), por cada lugar de porca reprodutora é gerada uma carga orgânica correspondente a 10 animais-equivalente;



- ✓ Numa exploração de recria e acabamento, cada suíno corresponde a 1,5 animais-equivalente;
- ✓ Numa exploração de produção de leitões e reprodução, cada porca reprodutora equivale a 4 animais-equivalente.

A informação sobre os efectivos, quantidades e cargas orgânicas produzidas pelas suiniculturas do Concelho de Torres Vedras encontra-se sintetizada no Quadro 6.

A localização das explorações foi cedida no formato de coordenadas geográficas, pela C. M. de Torres Vedras. A partir desta informação de localização das explorações foi identificada sobre a carta, à escala 1:100 000, do Instituto Geográfico Português (Torres Vedras, Folha 30). As distâncias relativas foram calculadas por medição de distâncias em linha recta sobre esta carta e aplicação da respectiva escala, por se ter revelado impossível averiguar as distâncias reais em estrada (nomeadamente com o apoio de ferramentas de cálculo de percursos disponíveis na internet (secção da carta no Anexo I).

**Quadro 6 – Dados de base sobre as suiniculturas do concelho de Torres Vedras**

(Dados das suiniculturas: C. M. Torres Vedras, 2007; Caudais e cargas calculados com base nos animais equivalentes e índices HIDROPROJECTO, 2002)

Freguesia	Explor.	Porcas Reprod.	Leitões	Porcos Engorda	Efectivo Total	Tipo Exploração	Animais Equiv.	Caudal (m3/d)	Caudal (m3/ano)	CBO5 (kg/d)	CQO (kg/d)	SST (kg/d)
A-dos-Cunhados	1	19	90	90	199	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190	2,3	832,2	34,2	85,5	51,3
	2	0	0	660	660	Industrial - <b>Recria e Acabamento</b>	990	11,9	4336,2	178,2	445,5	267,3
	3	180	450	320	950	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1800	21,6	7884	324,0	810,0	486,0
	4				0			0,0	0	0,0	0,0	0,0
	5	8	6	8	22	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	80	1,0	350,4	14,4	36,0	21,6
	6	200	485	432	1117	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2000	24,0	8760	360,0	900,0	540,0
	7	19	20	20	59	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190	2,3	832,2	34,2	85,5	51,3
	8	200	1184	676	2060	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2000	24,0	8760	360,0	900,0	540,0
	9	388	2142	1190	3720	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	3880	46,6	16994,4	698,4	1746,0	1047,6
	10	50	220	300	570	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	500	6,0	2190	90,0	225,0	135,0
	11	250	1125	1125	2500	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2500	30,0	10950	450,0	1125,0	675,0
Campelos	12	70	180	380	630	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	700	8,4	3066	126,0	315,0	189,0
	13	12	90	110	212	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	120	1,4	525,6	21,6	54,0	32,4
	14	80	250	300	630	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	800	9,6	3504	144,0	360,0	216,0
	15	45	200	200	445	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	450	5,4	1971	81,0	202,5	121,5
	16	19	75	140	234	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190	2,3	832,2	34,2	85,5	51,3
	17	8	11	12	31	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	80	1,0	350,4	14,4	36,0	21,6
	18	105	317	662	1084	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1050	12,6	4599	189,0	472,5	283,5
	19	400	1376	2232	4008	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	4000	48,0	17520	720,0	1800,0	1080,0
	20	144	480	520	1144	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1440	17,3	6307,2	259,2	648,0	388,8
	21	154	485	523	1162	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1540	18,5	6745,2	277,2	693,0	415,8
	22	140	300	500	940	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1400	16,8	6132	252,0	630,0	378,0
	23	74	160	247	481	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	740	8,9	3241,2	133,2	333,0	199,8
	24	0	0	1870	1870	Industrial - <b>Recria e Acabamento</b>	2805	33,7	12285,9	504,9	1262,3	757,4

Quadro 6 – (Continuação)												
Freguesia	Explor.	Porcas Reprod.	Leitões	Porcos Engorda	Efectivo Total	Tipo Exploração	Animais Equiv.	Caudal (m3/d)	Caudal (m3/ano)	CBO5 (kg/d)	CQO (kg/d)	SST (kg/d)
Carvoeira	25	108	329	992	1429	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1080	13,0	4730,4	194,4	486,0	291,6
Carmões	26	100	420	155	675	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1000	12,0	4380	180,0	450,0	270,0
Dois-Portos	27	300	1200	1200	2700	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	3000	36,0	13140	540,0	1350,0	810,0
Maxial	28	7	21	17	45	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	70	0,8	306,6	12,6	31,5	18,9
Outeiro da Cabeça	29	416	1279	3216	4911	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	4160	49,9	18220,8	748,8	1872,0	1123,2
	30	55	320	140	515	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	550	6,6	2409	99,0	247,5	148,5
	31	270	440	600	1310	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2700	32,4	11826	486,0	1215,0	729,0
Ponte do Rol	32	12	12	0	24	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	120,00	1,44	525,60	21,60	54,00	32,40
	33	19	70	150	239	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190,00	2,28	832,20	34,20	85,50	51,30
	34	150	920	414	1484	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1.500,00	18,00	6.570,00	270,00	675,00	405,00
Ramalhal	35	200	350	450	1000	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2.000,00	24,00	8.760,00	360,00	900,00	540,00
	36	200	1824	770	2794	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2.000,00	24,00	8.760,00	360,00	900,00	540,00
	37	18	50	60	128	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	180,00	2,16	788,40	32,40	81,00	48,60
	38	130	600	460	1190	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1.300,00	15,60	5.694,00	234,00	585,00	351,00
	39	0	150	450	600	Industrial - <b>Recria e Acabamento</b>	900,00	10,80	3.942,00	162,00	405,00	243,00
	40	117	706	406	1229	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1.170,00	14,04	5.124,60	210,60	526,50	315,90
	41	77	302	201	580	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	770,00	9,24	3.372,60	138,60	346,50	207,90
	42	201	1259	536	1996	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2.010,00	24,12	8.803,80	361,80	904,50	542,70
	43	0	220	220	440	Industrial - <b>Recria e Acabamento</b>	660,00	7,92	2.890,80	118,80	297,00	178,20
Runa	44	9	11	12	32	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	90,00	1,08	394,20	16,20	40,50	24,30
	45	463	2069	0	2532	Industrial - <b>Prod. Leitões</b>	1.852,00	22,22	8.111,76	333,36	833,40	500,04
Silveira	46	0	0	199	199	Familiar - <b>Recria e Acabamento</b>	298,50	3,58	1.307,43	53,73	134,33	80,60
	47	12	32	3	47	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	120,00	1,44	525,60	21,60	54,00	32,40
	48	97	546	0	643	Industrial - <b>Prod. Leitões</b>	388,00	4,66	1.699,44	69,84	174,60	104,76

Quadro 6 – (Continuação)

Freguesia	Explor.	Porcas Reprod.	Leitões	Porcos Engorda	Efectivo Total	Tipo Exploração	Animais Equiv.	Caudal (m3/d)	Caudal (m3/ano)	CBO5 (kg/d)	CQO (kg/d)	SST (kg/d)
S.P. Cadeira	49	19	70	70	159	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190,00	2,28	832,20	34,20	85,50	51,30
	50	233	1442	556	2231	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2.330,00	27,96	10.205,40	419,40	1.048,50	629,10
S.P. Santiago	51	120	742	628	1490	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	1.200,00	14,40	5.256,00	216,00	540,00	324,00
	52	19	20	15	54	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	190,00	2,28	832,20	34,20	85,50	51,30
	53	6	15	10	31	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	60,00	0,72	262,80	10,80	27,00	16,20
	54	0	0	1994	1994	Industrial - <b>Recria e Acabamento</b>	2.991,00	35,89	13.100,58	538,38	1.345,95	807,57
	55	240	600	700	1540	Industrial - <b>Ciclo Fechado</b>	2.400,00	28,80	10.512,00	432,00	1.080,00	648,00
Turcifal	56	3	7	2	12	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	30,00	0,36	131,40	5,40	13,50	8,10
Ventosa	57	3	13	0	16	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	30,00	0,36	131,40	5,40	13,50	8,10
	58	15	30	48	93	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	150,00	1,80	657,00	27,00	67,50	40,50
	59	12	40	55	107	Familiar - <b>Ciclo Fechado</b>	120,00	1,44	525,60	21,60	54,00	32,40
<b>TOTAIS</b>					59.197,00		<b>67.244,50</b>	<b>806,93</b>	294.530,91	12.104,01	30.260,03	18.156,02

### 6.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE E CENÁRIOS ALTERNATIVOS NO SOFTWARE UMBERTO

Para a construção do modelo de análise *no software* UMBERTO foi primeiro necessário definir os cenários a analisar e depois sistematizar a informação necessária para cada cenário. Reunida a informação necessária, foi seguida a sequência de tarefas descrita no capítulo 2.6.2. Funções básicas do UMBERTO.

#### 6.3.1 Cenários modelados

Apesar de estar previsto na metodologia, não foi possível durante o tempo de desenvolvimento da dissertação modelar um cenário descentralizado com instalações individuais de digestão anaeróbia. Assim, para a definição dos cenários foi tida em conta a metodologia aplicada na solução que está a ser implementada na região Oeste através das empresas TREVOESTE e Águas do Oeste – Solução Integrada para o Tratamento dos Efluentes de Suinicultura nas Bacias Hidrográficas dos Rios Tornada e Real / Arnóia. Segundo a Águas do Oeste (2007) esta solução prevê para os concelhos de Alcobaça, Caldas da Rainha, Óbidos, Bombarral e Cadaval (área total aproximada de 1.330 km<sup>2</sup>) a construção de três ETAR com as características referidas na Quadro 7.

**Quadro 7** – Informação sobre as ETAR a construir no âmbito da Solução Integrada para o Tratamento dos Efluentes de Suinicultura nas Bacias Hidrográficas dos Rios Tornada e Real / Arnóia

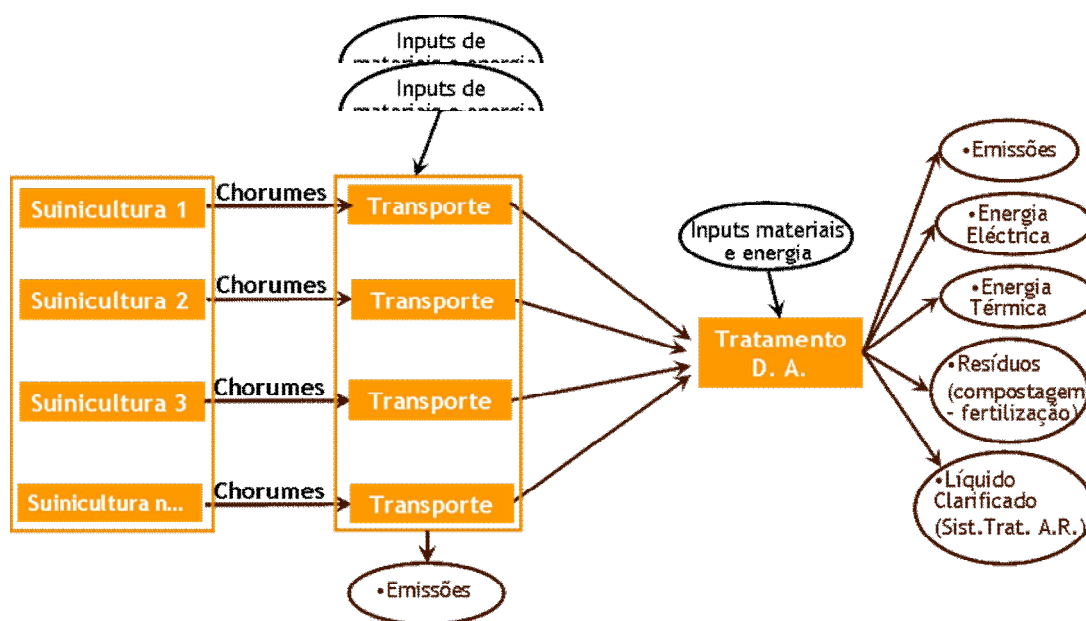
ETAR de Tratamento de Efluentes de Suiniculturas a Construir			
Designação da ETAR	Tornada (Louções)	Real e Arnóia	São Martinho do Porto
Caudal a tratar (m <sup>3</sup> /d)	950	200	120

Tendo em conta o maior caudal a tratar na ETAR de Tornada (950 m<sup>3</sup>/dia) e o caudal do total das suiniculturas do concelho de Torres Vedras (807 m<sup>3</sup>/dia), admitiu-se que um dos cenários a estudar seria a hipótese de tratar os efluentes de todas as suiniculturas do concelho numa única estação. Em alternativa, estudou-se um cenário caracterizado por alguma descentralização, admitindo-se a implementação de duas estações independentes.

Para o segundo cenário, tendo em conta que a distribuição das explorações se concentra na área Norte do concelho, admitiu-se uma divisão Este / Oeste, sendo que os caudais a tratar em cada uma das estações seriam de 490 m<sup>3</sup>/dia (ETAR Este) e 317 m<sup>3</sup>/dia (ETAR Oeste).

Num modelo UMBERTO é possível modelar um sistema de processos com vários níveis hierárquicos. Isto é, é possível representar um sistema a um nível macro (definido como a rede principal) e definir dentro de cada um dos processos que o constituem, um novo conjunto de processos que constituem sub-redes e permitem a modelação a um nível de maior pormenor sem complicar excessivamente a apresentação do modelo. A Figura 19 representa

esquemáticamente a sequência de processos modelados na rede principal, para cada uma das ETAR (a do cenário centralizado e cada uma das do cenário Este / Oeste).



**Figura 19** – Representação esquemática dos fluxos de materiais na solução de gestão de chorumes

### 6.3.2 Localização das ETARs

Em termos de localização das ETARS, admitiu-se que estas seriam implementadas nas zonas industriais de características concelhias, partindo do princípio que estas seriam áreas privilegiadas, do ponto de vista de licenciamento de actividade, bem como das acessibilidades. A zona industrial de Sarge, como zona industrial mais central, foi seleccionada como sendo a localização mais adequada para a estação centralizada.

Para a localização das estações alocadas ao cenário Este/Oeste foram seleccionadas as zonas industriais de Monte Redondo (Este) e Paul (Oeste).

### 6.3.3 Transporte

Para modelar o transporte dos chorumes entre as suiniculturas e as estações foram consultadas empresas de transporte que se dedicam a este tipo de materiais.

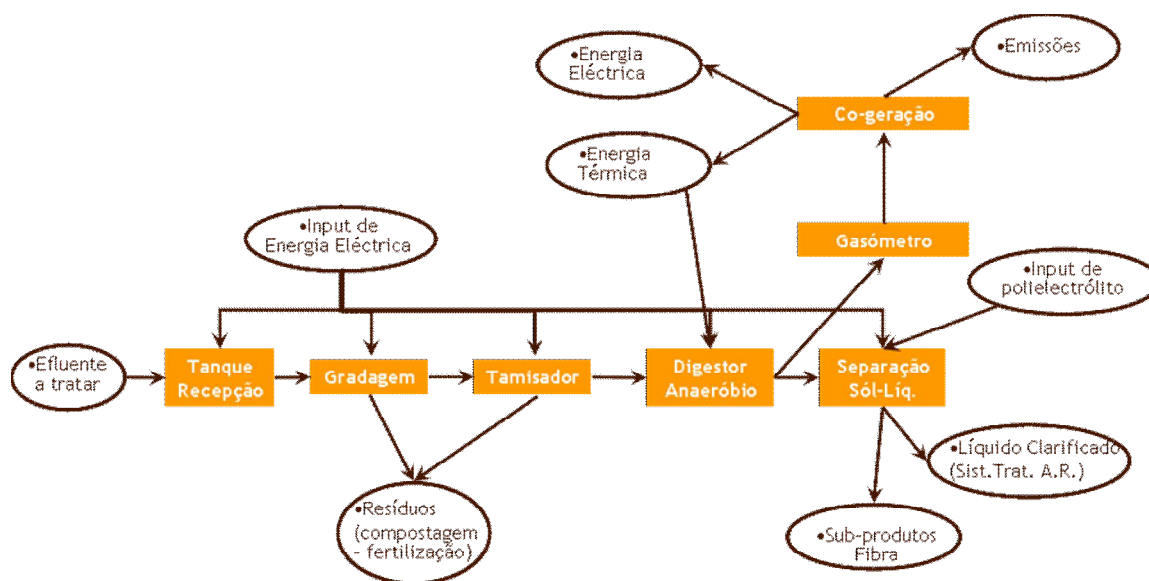
Apesar dos vários contactos feitos, apenas uma empresa deu resposta, pelo que se assumiu, no modelo, as características e preços do transporte de acordo com a informação desta empresa:

- ✓ Resíduos líquidos ou pastosos com grande teor de humidade são transportados em cisternas com capacidade de 30 m<sup>3</sup>;
- ✓ O valor do transporte é de 0,12 €/m<sup>3</sup>.km para a carga completa e a negociar caso o transporte seja efectuado com carga inferior à capacidade do veículo.

Assim, assumiu-se que os resíduos não deveriam estar na suinicultura mais do que uma semana para evitar a sua degradação antes de serem submetidos ao tratamento anaeróbio. Nos casos em que os caudais produzidos excediam os 30 m<sup>3</sup> por semana, calculou-se o número de viagens necessárias, por mês, para o transporte de todos os resíduos. Para os casos em que os caudais não chegavam a 30 m<sup>3</sup> por semana seria possível otimizar os sistemas / trajectos de recolha de modo a recolher na mesma carga efluentes de mais de uma instalação de suinicultura. No entanto, a optimização da recolha não era o objecto da dissertação, pelo que, nestes casos, admitiu-se que seria efectuada uma recolha por semana. Para todos os casos admitiu-se o preço de uma carga completa, isto é, 3,6 euros por km.

#### 6.3.4 Linha de tratamento

Quanto à linha de tratamento, admitiu-se um tratamento por digestão anaeróbia (para aproveitamento de biogás) na gama de temperaturas mesofílicas, tendo em conta que este é um processo mais estável e robusto e com menor gasto de energia para aquecimento do digestor do que o processo termofílico. Admitiu-se uma linha de tratamento (Figura 20) semelhante para a estação de tratamento centralizada e para as estações Este / Oeste, para permitir a comparação dos cenários em situação de igualdade de circunstâncias.



**Figura 20** - Sequência de tratamento assumida na ETAR de DA

A sequência de tratamento é então constituída por:

- ✓ Tanque de recepção de efluentes – funciona como tanque de recepção e de regularização do caudal. É agitado para evitar a deposição de sólidos e minimizar a libertação de odores. É dimensionado para quatro horas de tempo de retenção do caudal médio.

- ✓ Remoção de sólidos de grandes dimensões e pré-tratamento – gradagem e tamisação – admite-se que a remoção destes sólidos não prejudica a eficiência da digestão ou a respectiva produção de biogás, pois está a remover-se material não biodegradável.
- ✓ Digestor – admite-se um digestor a operar na gama mesofílica de temperaturas, por ser um processo mais robusto, apesar do maior tempo de retenção. Admite-se uma temperatura de digestão de 35°C equivalente a um tempo de retenção de 10 dias (Tchobanoglous *et al*, 2003). Este órgão necessita de um agitador (prevê-se um agitador mecânico), cobertura (para permitir que se atinjam condições anaeróbias no seu interior, bem como uma recolha eficiente do biogás), e permutador de calor. Admite-se que a necessidade de energia térmica é equivalente à necessária para aquecer o volume do digestor de 0,0°C a 35,0 °C (pior situação, no Inverno, com temperaturas de 0,0 °C).

O produto digerido poderia ser, desde que devidamente higienizado, aplicado directamente no solo, representando uma reciclagem dos nutrientes presentes neste material. Para esta utilização directa há que ter em conta os critérios estabelecidos no DL n.º 235/97 de 3 de Setembro (relativo à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola), bem como as boas práticas consagradas no Código de Boas Práticas Agrícolas, publicado pelo MADRP na sequência do DL n.º 235/97.

- ✓ Separação sólido-líquido – a quantidade de material a tratar implicariam áreas extremamente elevadas caso se optasse por leitos de secagem. De acordo com Levy (2000), a centrífuga é o equipamento mais dispendioso mas, em contrapartida, exige menos mão-de-obra e consumíveis. Assim, foi esta a opção para a separação sólido-líquido do digerido.

A fracção líquida desta separação poderá ser utilizada para fertirrigação, cumprindo mais uma vez os critérios DL n.º 235/97 de 3 de Setembro, bem como as boas práticas consagradas no Código de Boas Práticas Agrícolas. Para descarga no meio hídrico, esta água necessita de um tratamento complementar. Tendo em conta as elevadas cargas de azoto e de fósforo neste efluente tratado, o seu tratamento aeróbio torna-se difícil. Uma hipótese de tratamento é misturar (diluir) o efluente com águas residuais municipais enriquecendo-as e favorecendo o tratamento aeróbio da mistura. No entanto, para optar por esta solução seria necessário verificar a proximidade física entre os dois efluentes, uma vez que tradicionalmente as ETARs municipais não se localizam em zonas industriais, como acontece com as ETARs de tratamento de chorumes previstas nesta dissertação. Para o caso de estudo admitiu-se que era possível enviar o efluente das



ETARs de tratamento de chorumes para diluição com as águas residuais municipais e posterior tratamento conjunto.

Por sua vez, a fracção sólida, composta por materiais de natureza fibrosa, representa um recurso valorizável que pode ser utilizado no condicionamento de solos e fertilização. De um modo geral, existe interesse dos agricultores neste produto bruto. Segundo Santos (2005), este produto bruto poderá ter no mercado um valor de 10 euros por tonelada (valor assumido no modelo desenvolvido).

A fracção sólida, além de poder ser utilizada directamente, pode ainda ser sujeita a um processo de compostagem (ou co-compostagem), originando um produto estabilizado com um valor comercial superior. No modelo apresentado não foi considerada a compostagem no interior da estação.

- ✓ Armazenamento de biogás – gasómetro previsto para uma capacidade de armazenamento de 4 horas, admitindo uma utilização do biogás ao longo das 24 horas. Tendo em conta informação do mercado sobre o estado de evolução de alguns motores, que dispensa uma depuração prévia do biogás, não foi considerada esta operação nas ETAR modeladas.
- ✓ Co-geração – para a conversão do biogás em energia optou-se pela solução mais comum, a utilização como combustível num grupo motor-gerador para a produção combinada de calor e energia. O calor poderá ser utilizado para o aquecimento do digestor e / ou dos edifícios de apoio. Durante o Verão, poderá ainda ser utilizado num *chiller* para produção de frio para os edifícios de apoio (ar condicionado).

Para a modelação foi utilizado um módulo existente na base de dados do UMBERTO para um grupo motor-gerador do mesmo tipo para gás natural, adaptando-se o poder calorífico do combustível utilizado.

A electricidade será vendida na totalidade à EDP, ao abrigo da Lei do Produtor Independente (DL n.º 168/99 de 18 de Maio e posteriores alterações introduzidas pelos DL n.º 339-C/2001 de 29 de Dezembro e DL n.º 33-A/2005 de 16 de Fevereiro). Admitiu-se um valor de venda de electricidade à rede de 0.069 euros/kWh (69 €/MWh), que é o valor para o fornecimento em contínuo à rede.

Foi necessário fazer um dimensionamento para se estimar os custos de investimento, foi necessário realizar-se um balanço de massas a cada processo e foi necessário determinar-se os consumos de energia de cada processo e a produção final de energia na co-geração.

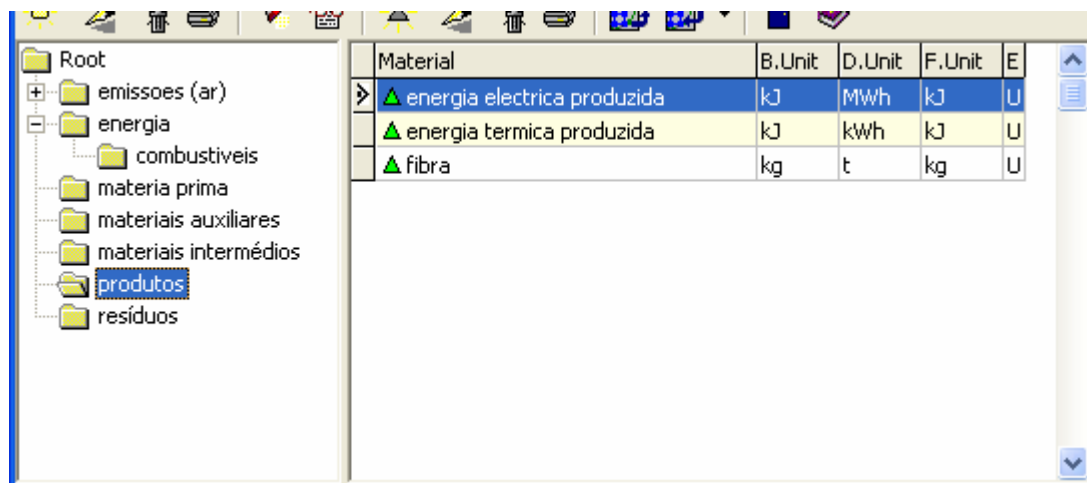
Para tal foram assumidos vários indicadores de bibliografia (Tchobanoglous *et al*, 2003). Além disso, foram também consultados no mercado os equipamentos adequados às ETAR modeladas,

tendo sido recolhida alguma informação quanto às capacidades, custos de mercado, consumos e rendimentos dos vários equipamentos. Em muitos dos casos, as empresas contactadas não responderam, mesmo sabendo que a informação era necessária para um estudo académico (dissertação de mestrado). Assim, para alguns itens a informação para orçamento foi consultada em projectos recentes de uma empresa de projecto na área do saneamento, com equipamentos / órgãos de dimensões semelhantes. No Anexo III encontra-se o orçamento desenvolvido para as ETARs modeladas, bem como o balanço de massas utilizado para a modelação no software UMBERTO.

### 6.3.5 Transposição da informação reunida para a modelação no UMBERTO

Na transposição da informação recolhida e construída para o *software* UMBERTO para a construção dos modelos de análise, o primeiro passo foi a construção da “base de dados” dos materiais (fluxos de massa e de energia) que intervêm no sistema. Nesta fase são definidos o nome do material, a sua unidade base (kg ou kJ, que determina se é uma massa ou uma energia), a unidade em que o material é expresso na folha de inventário (*display unit*), bem como outras propriedades do material, como por exemplo o seu valor de mercado, para o cálculo dos custos do sistema.

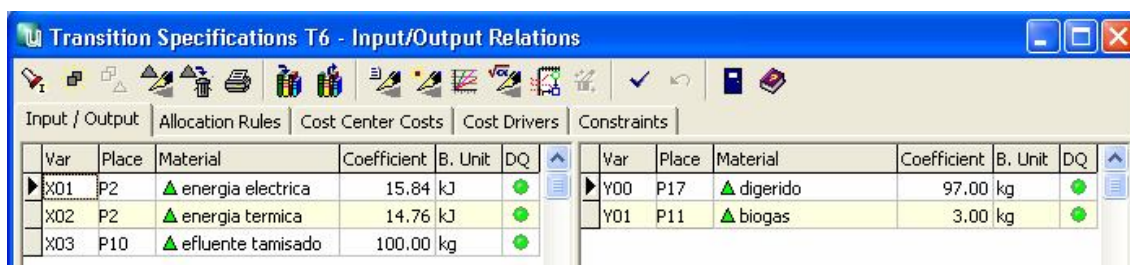
Os materiais foram organizados em pastas, sendo que é visualizado do lado direito da janela de materiais os que constituem o grupo seleccionado (Figura 21).



**Figura 21** – Janela de gestão de materiais do UMBERTO (visualizando os materiais da Pasta “Produtos”)

O passo seguinte foi a construção da sequência de processos que constitui os sistemas em estudo (os dois cenários: centralizado e Este/Oeste). Para esta construção admitiu-se para facilitar a visualização e interpretação do modelo, que este teria dois níveis hierárquicos: uma rede principal e duas sub-redes (sub-rede(s) “Transporte” e sub-rede(s) “ETAR”).

A definição dos processos é um dos pontos cruciais para que o UMBERTO possa calcular o sistema. Assim, o primeiro passo para esta definição é, em cada processo, definir quais os materiais que nele intervêm, quer como entradas, quer como saídas de materiais (tendo em mente que o UMBERTO assume como “materiais” quer os fluxos de massa, quer os de energia). Definidos os materiais, é necessário criar entre eles as relações que permitem o cálculo. Estas relações foram especificadas utilizando as duas hipóteses que o UMBERTO prevê: a maioria dos processos foi definida com base no balanço de massas atribuindo a cada material um coeficiente que corresponde ao seu “peso” na relação entre os materiais (por exemplo, em fracções de unidade ou em percentagem), como se pode observar no exemplo da Figura 22; os processos de transporte e de go-geração (utilizando módulos da biblioteca adaptados ao caso específico), foram definidos através de funções (neste opção é possível utilizar funções lineares e não lineares), como mostra o exemplo da Figura 23.

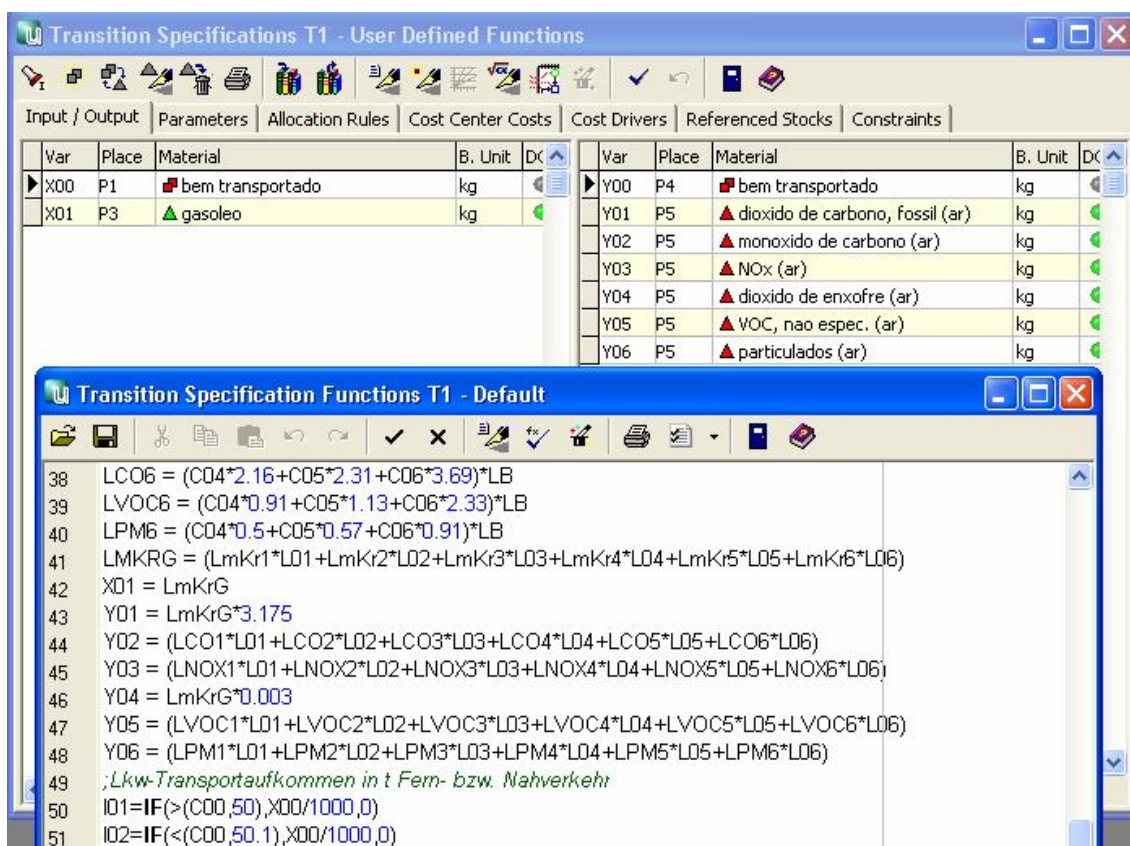


Var	Place	Material	Coefficient	B. Unit	DQ
X01	P2	energia electrica	15.84	kJ	
X02	P2	energia termica	14.76	kJ	
X03	P10	efluente tamisado	100.00	kg	

Var	Place	Material	Coefficient	B. Unit	DQ
Y00	P17	digerido	97.00	kg	
Y01	P11	biogas	3.00	kg	

Figura 22 – Exemplo de especificação de processo com coeficientes (processo de digestão anaeróbia)



Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P1	bem transportado	kg	
X01	P3	gasoleo	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P4	bem transportado	kg	
Y01	P5	dioxido de carbono, fossil (ar)	kg	
Y02	P5	monoxido de carbono (ar)	kg	
Y03	P5	NOx (ar)	kg	
Y04	P5	dioxido de enxofre (ar)	kg	
Y05	P5	VOC, nao espec. (ar)	kg	
Y06	P5	particulados (ar)	kg	

**Transition Specification Functions T1 - Default**

```

38 LC06 = (C04*2.16+C05*2.31+C06*3.69)*LB
39 LVOC6 = (C04*0.91+C05*1.13+C06*2.33)*LB
40 LPM6 = (C04*0.5+C05*0.57+C06*0.91)*LB
41 LMKRG = (LmKr1*L01+LmKr2*L02+LmKr3*L03+LmKr4*L04+LmKr5*L05+LmKr6*L06)
42 X01 = LmKrG
43 Y01 = LmKrG*3.175
44 Y02 = (LC01*L01+LC02*L02+LC03*L03+LC04*L04+LC05*L05+LC06*L06)
45 Y03 = (LNOX1*L01+LNOX2*L02+LNOX3*L03+LNOX4*L04+LNOX5*L05+LNOX6*L06)
46 Y04 = LmKrG*0.003
47 Y05 = (LVOC1*L01+LVOC2*L02+LVOC3*L03+LVOC4*L04+LVOC5*L05+LVOC6*L06)
48 Y06 = (LPM1*L01+LPM2*L02+LPM3*L03+LPM4*L04+LPM5*L05+LPM6*L06)
49 ;Lkw-Transportaufkommen in t Fern- bzw. Nahverkehr
50 I01=IF(>(C00,50),X00/1000,0)
51 I02=IF(<(C00,50.1),X00/1000,0)

```

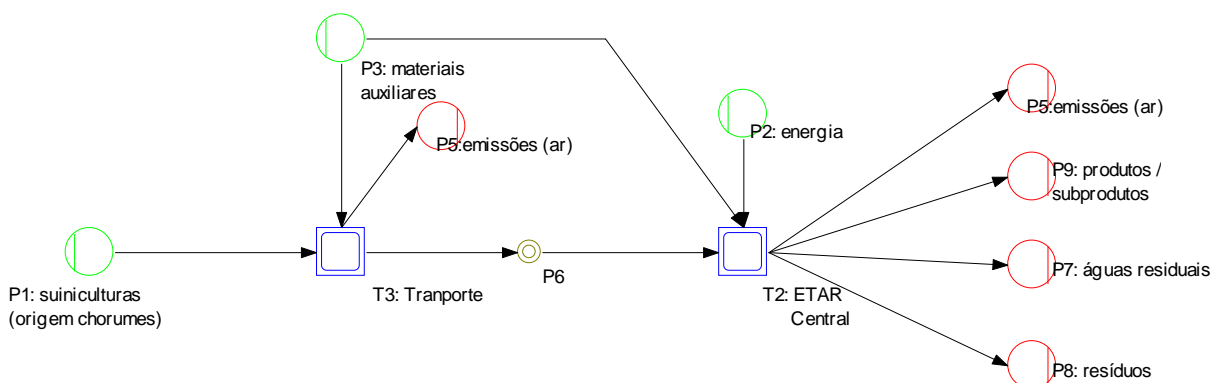
**Figura 23** – Exemplo de especificação de processo com equações (processo de transporte)

Definidos todos os processos do sistema, este está em condições de ser calculado com base num fluxo “manual” indicado pelo utilizador (em contraponto com os fluxos “calculados” resultantes do cálculo do sistema pelo *software*). Neste caso, os fluxos manuais que permitiram o cálculo do sistema com base nas especificações dos processos, foram as quantidades de chorumes originários de cada exploração suinícola.

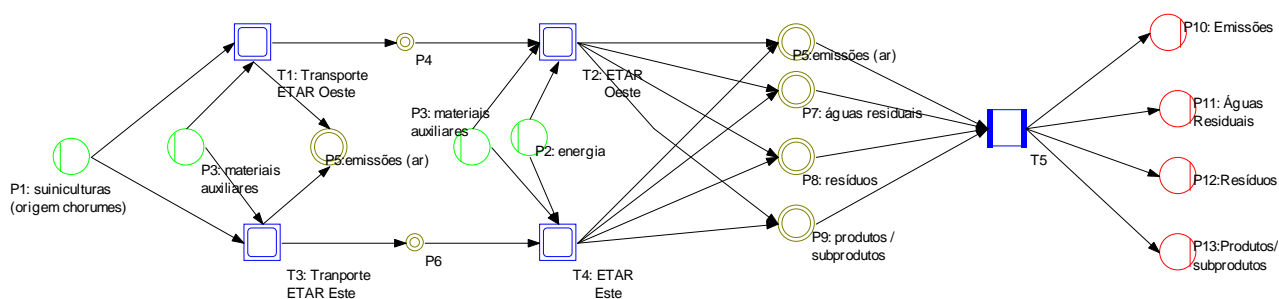
Neste ponto o sistema está calculado e proporciona a informação sobre os fluxos de materiais e energia, bem como os fluxos financeiros que o constituem.

## 7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os dois cenários estudados foram modelados no UMBERTO, tendo como limites os chorumes à saída das explorações suínícolas (entrada de “matéria prima”) e os produtos à saída da estação de tratamento. Foram assim incluídos os processos associados ao transporte e ao tratamento dos efluentes, tendo em conta os respectivos consumos de materiais auxiliares e de energia. Para facilitar a modelação, esta foi realizada recorrendo à funcionalidade do UMBERTO de modelação em níveis hierárquicos distintos. A rede principal, que engloba em sub-redes (representadas por quadrados com linha dupla) o conjunto dos transportes e o conjunto de operações de tratamento, tem o aspecto dos diagramas apresentados nas Figuras 24 e 25.



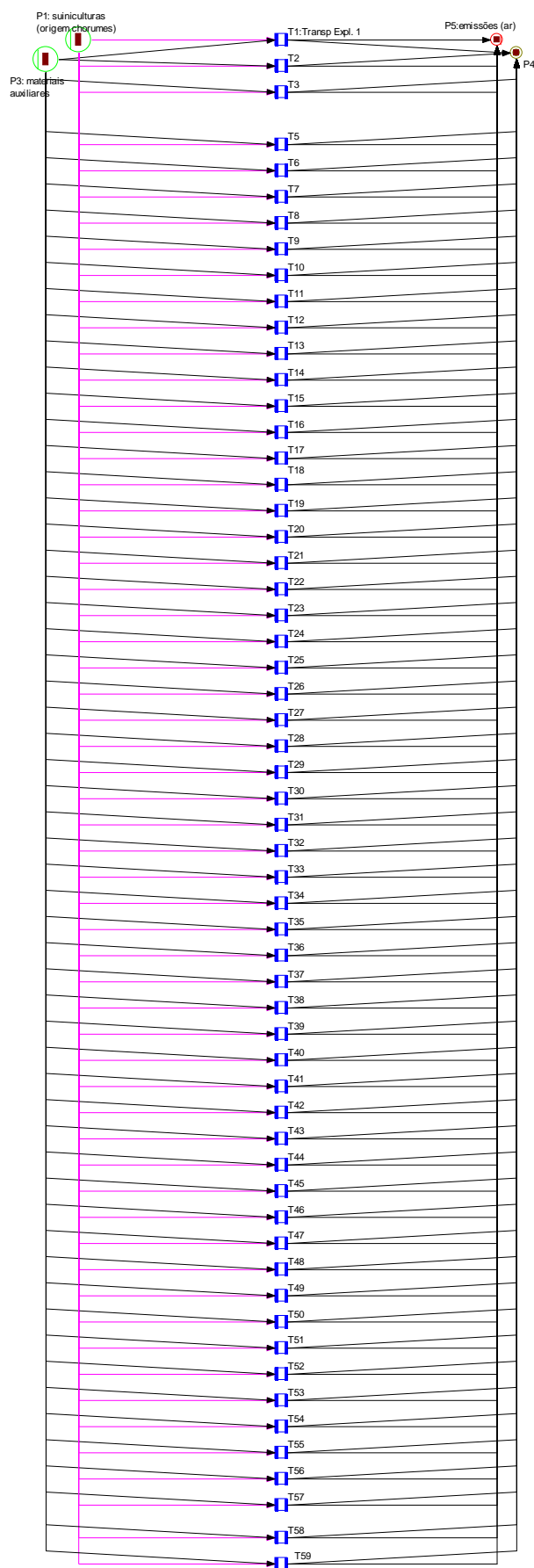
**Figura 24 – Rede Principal do Cenário Centralizado**



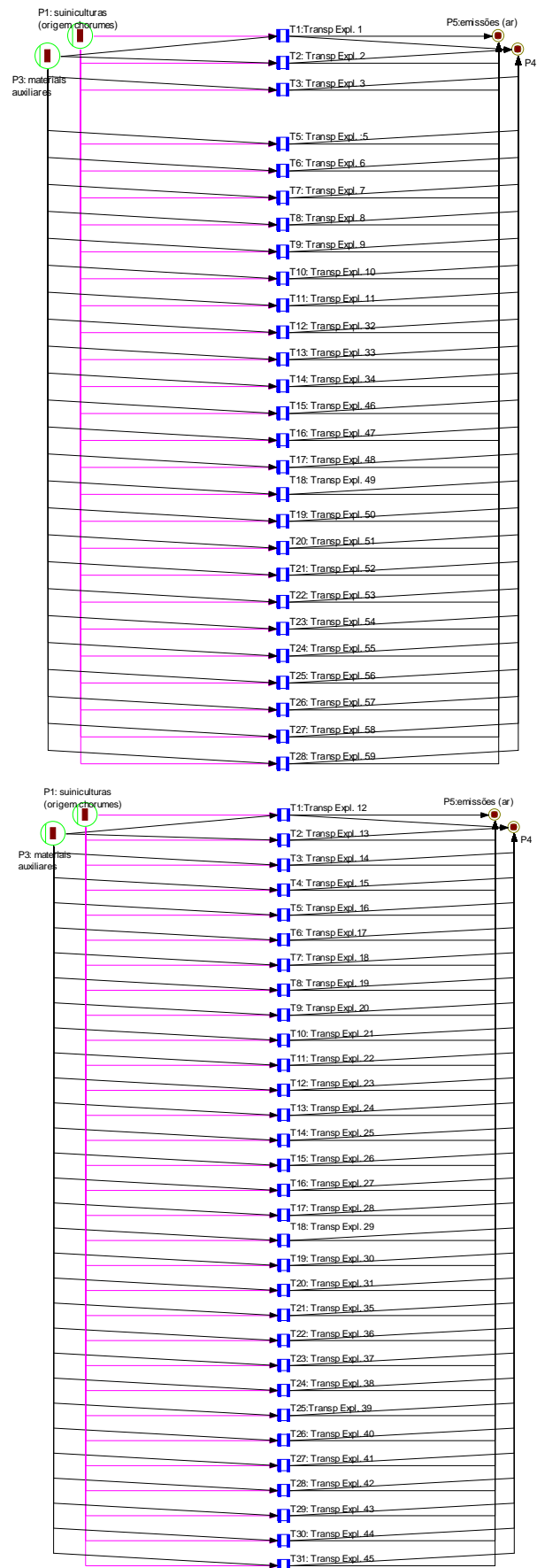
**Figura 25 – Rede principal do Cenário Este / Oeste**

Em ambos os casos, a sub-rede “transporte” (Figuras 26 e 27) comporta os transportes dos chorumes entre a exploração de origem e a estação de tratamento em que vão ser processados e as sub-redes “ETAR” (Figura 25: exemplo da sub-rede ETAR para o cenários centralizado e Este/Oeste) comportam o conjunto de processos que constituem o tratamento previsto para os chorumes.

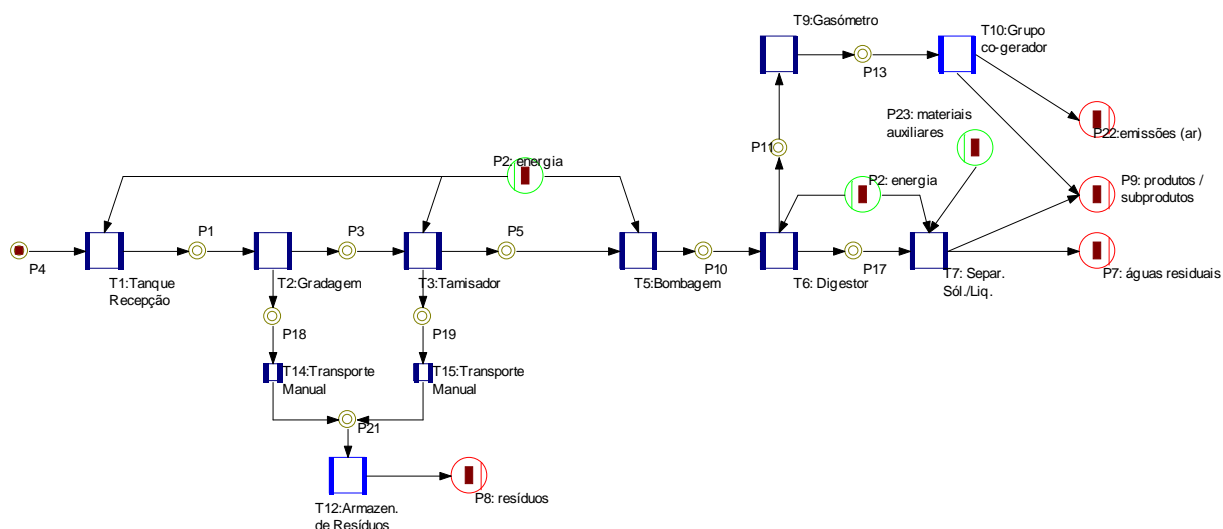
No caso do cenário Este/Oeste foi acrescentado um processo (representado por linha simples) a jusante do tratamento que é um processo virtual em que nada acontece. Apenas facilita a análise através da união dos fluxos de saída das duas ETAR.



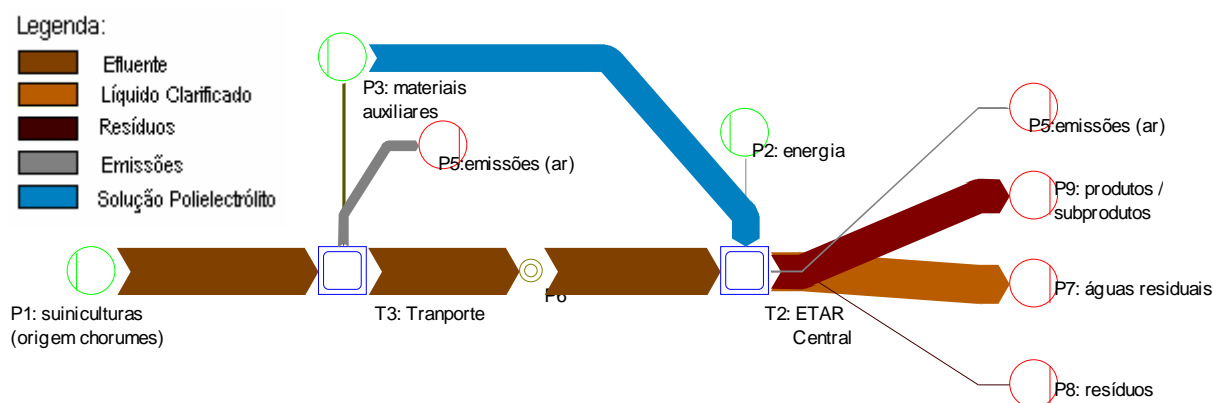
**Figura 26** – Representação dos processos de transporte para o efluente entre cada exploração (58) – Cenário Centralizado



**Figura 27 – Representação dos processos de transporte para o efluente entre cada exploração (58) – Cenário Este/Oeste**

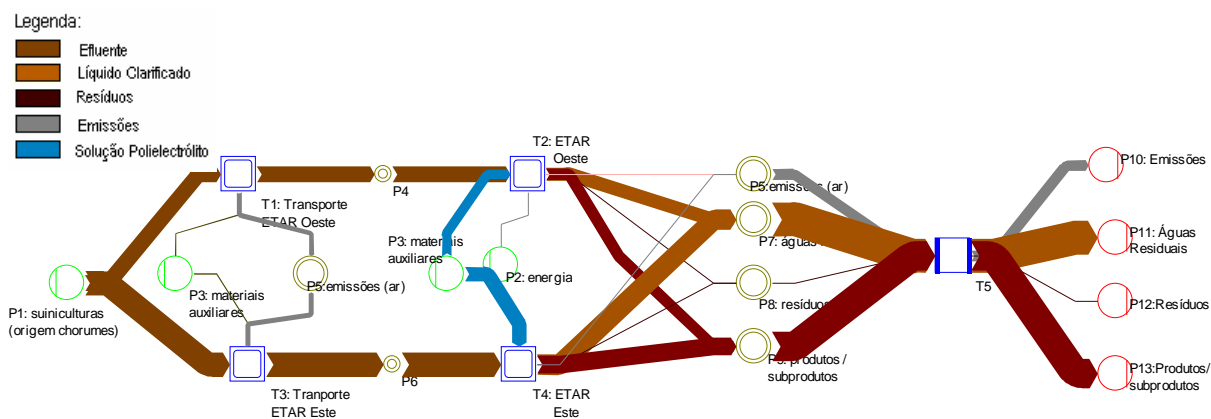


Após a modelação dos cenários seleccionados para o presente estudo, analisou-se comparativamente o balanço de massas de ambos os cenários em termos de consumo e produção de energia e de custo fixos (amortização de um vinteavos do investimento, considerando o horizonte de projecto de 20 anos e custos fixos de operação) e variáveis (de materiais e de transporte).

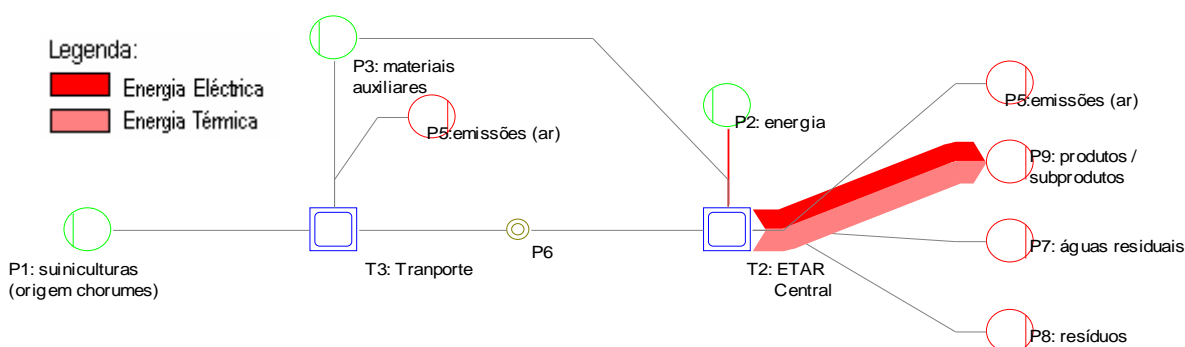


**Figura 29 – Representação proporcional dos fluxos de materiais na rede principal do Cenário Centralizado (kg)**

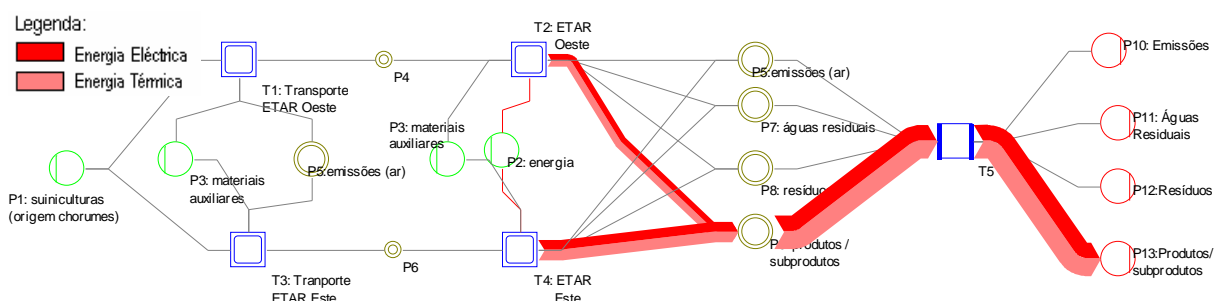




**Figura 30** – Representação proporcional dos fluxos de materiais na rede principal do Cenário Este/Oeste (kg)



**Figura 31** – Representação proporcional dos fluxos de energia na rede principal do Cenário Centralizado(kJ)



**Figura 32** – Representação proporcional dos fluxos de energia na rede principal do Cenário Este/Oeste (kJ)

Para as saídas de materiais e energia é lógico que não variem de um para outro cenário, uma vez que para ambos os cenários se parte da mesma quantidade de chorumes a tratar e o balanço de massas do tratamento foi efectuado segundo os mesmos parâmetros. Na realidade, poderiam verificar-se diferenças se se tivesse em conta a potencial variação da eficiência dos processos de um para outro cenário. Neste caso, como essa possibilidade não foi abordada, em termos de saídas, a variação estará principalmente nas emissões devidas ao transporte, uma vez que o transporte, apesar de ser feito no mesmo tipo de camião e no mesmo número de

viagens anuais (dependentes da quantidade de chorumes produzidos por cada exploração), irá variar com a localização das ETAR de destino do efluente.

Em relação à energia, em ambos os cenários se verifica que os consumos de energia térmica (a rosa no diagrama *Sankey*) e de energia eléctrica (a vermelho no diagrama *Sankey*) consumida são em muito inferiores às quantidades de energia produzida. Estes valores poderão estar um pouco enviesados já que não se considerou o consumo de energia em edifícios de apoio e em actividades paralelas, mas apenas os consumos directamente relacionados com os processos de tratamento. Ainda assim, o consumo de energia nas estações de tratamento não deverá ser superior à produção, quer para a energia térmica, quer para a energia eléctrica.

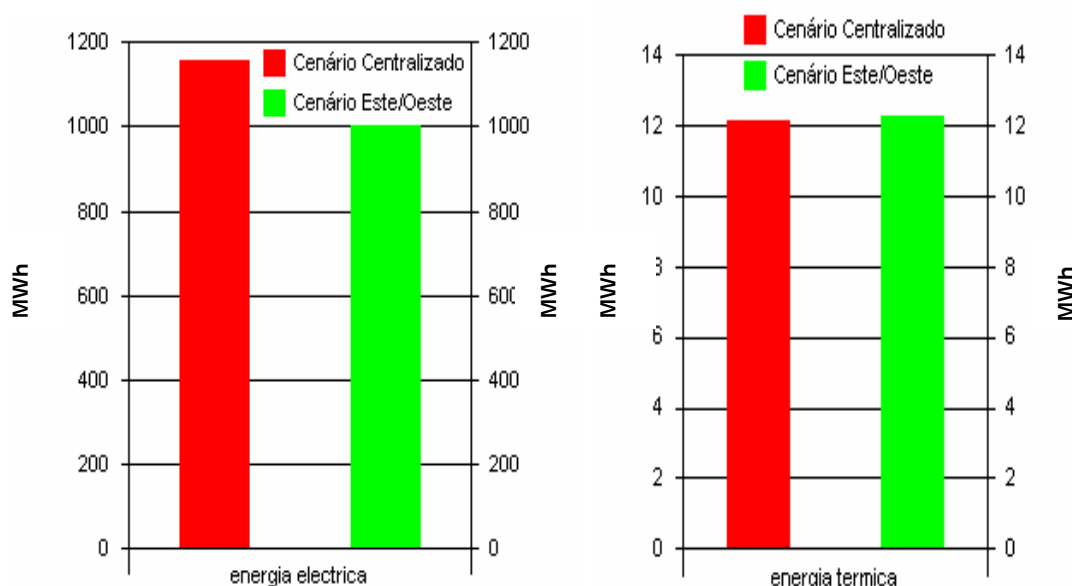
O inventário comparativo de entradas e saídas de materiais e energia pode ser observado no Quadro 8, que resultou da análise no software UMBERTO.

## Balance Sheet Input / Output

61

O consumo de energia eléctrica, dependente das potências dos equipamentos instalados, é superior na estação centralizada, já que por vezes as potências existentes no mercado não são exactamente as necessárias, tendo que se optar por potências superiores.

No entanto, no que diz respeito à energia térmica, o consumo é sensivelmente o mesmo, pois para ambos os casos se considerou a necessidade de aquecer o volume de digestão (que no total é o mesmo) à mesma temperatura de processo (35°C).



**Figura 33** – Representação gráfica dos consumos de energia eléctrica e térmica em ambos os cenários (MW.h/ano)

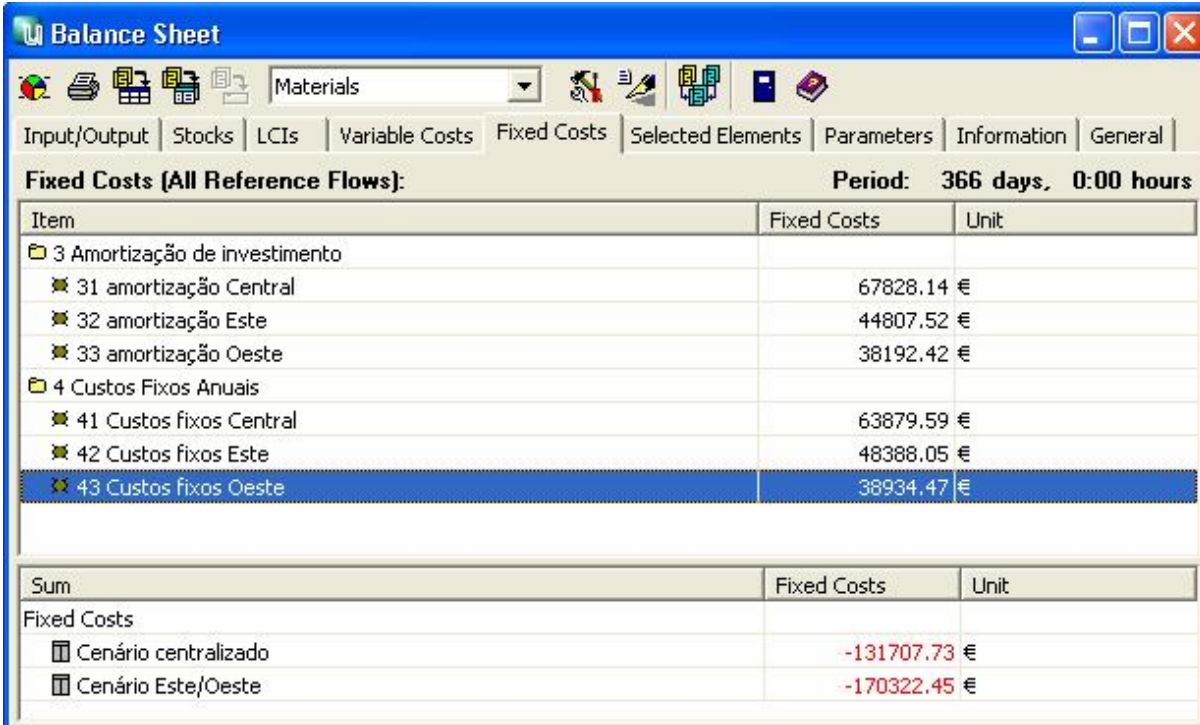
Verifica-se ainda, no Quadro 8 e nos diagrama da Figura 31 e da Figura 32, que a quantidade de energia térmica produzida é bastante superior à necessária para aquecer o digestor, pelo que, caso não ocorram falhas na produção de energia, não será necessário despende de mais custos no aquecimento do processo. Por outro lado, poderá ainda o excedente de energia térmica ser usado no aquecimento do edifício de apoio (e / ou arrefecimento, no Verão, através de um sistema tipo *chiller*) ou poderá tentar-se vender este excedente de calor, por exemplo, a indústrias instaladas na zona industrial que necessitam de calor para a sua laboração.

Em relação aos produtos, como já foi referido, os resultados são idênticos, apenas com ligeira variação na saída de energia térmica, uma vez que o rendimento térmico dos motores considerados é um pouco diferente (superior para motores de maior capacidade).

No que diz respeito aos custos, foram considerados custos variáveis (custos dos materiais e do transporte, que variam consoante a laboração da ETAR e a distância de transporte) e custos fixos (a amortização no ano zero de um vinteavos do investimento, admitindo uma horizonte de projecto de 20 anos) de exploração das estações – uma vez que no UMBERTO o sistema é

calculado para um período de um ano – e custos fixos de operação como custos de pessoal, administrativos, de análises físico-químicas, etc. – Orçamento no ANEXO II – ORÇAMENTO).

Os custos fixos de ambos os cenários encontram-se sintetizados no inventário do Quadro 8. O cenário centralizado apresenta um custo fixo de amortização no ano zero de cerca de 67.828,66 EUR, significativamente inferior aos 82.999,94 EUR do cenário Este / Oeste. Também em relação aos custos fixos de operação se revela bastante mais favorável o cenário Centralizado, que apresenta um valor estimado de custos fixos de 63.879,59 EUR, do que o cenário Este / Oeste, que no total apresenta um valor de custos fixos de 87.322.52 EUR.



Fixed Costs (All Reference Flows):			Period: 366 days, 0:00 hours
Item	Fixed Costs	Unit	
3 Amortização de investimento			
31 amortização Central	67828.14	€	
32 amortização Este	44807.52	€	
33 amortização Oeste	38192.42	€	
4 Custos Fixos Anuais			
41 Custos fixos Central	63879.59	€	
42 Custos fixos Este	48388.05	€	
43 Custos fixos Oeste	38934.47	€	
Sum			
Fixed Costs			
Cenário centralizado	-131707.73	€	
Cenário Este/Oeste	-170322.45	€	

**Figura 34 – Custos fixos dos dois cenários**

No total verifica-se uma diferença de cerca de 40.000 EUR nos custos fixos anuais (para o ano zero), a favor do cenário centralizado. Como se previa, o cenário centralizado apresenta, em termos de custos, um benefício significativo, sendo favorável o princípio de economia de escala.

Quanto aos custos variáveis, estes dependem dos custos de transporte e dos custos de materiais. Sendo os fluxos de materiais idênticos em ambos os cenários, os custos associados a este factor são também idênticos.

Balance Sheet - Cenário Este/Oeste		
Materials		
Input/Output	Stocks	LCIs
Variable Costs	Fixed Costs	Selected Elements
Parameters	Information	General
efluente suinícola (Input, A1)		116375.23 t
<b>Variable Costs:</b>		
Item	Proportional Costs	Unit
2 Custos de Transporte		
21 Custo de transporte	57050.28 €	

Balance Sheet - Cenário Este/Oeste		
Materials		
Input/Output	Stocks	LCIs
Variable Costs	Fixed Costs	Selected Elements
Parameters	Information	General
efluente suinícola (Input, A2)		179628.11 t
<b>Variable Costs:</b>		
Item	Proportional Costs	Unit
2 Custos de Transporte		
21 Custo de transporte	140247.51 €	

Balance Sheet - cenário Centralizado		
Materials		
Input/Output	Stocks	LCIs
Variable Costs	Fixed Costs	Selected Elements
Parameters	Information	General
efluente suinícola (Input, A2)		296007.60 t
<b>Variable Costs:</b>		
Item	Proportional Costs	Unit
2 Custos de Transporte		
21 Custo de transporte	264945.17 €	

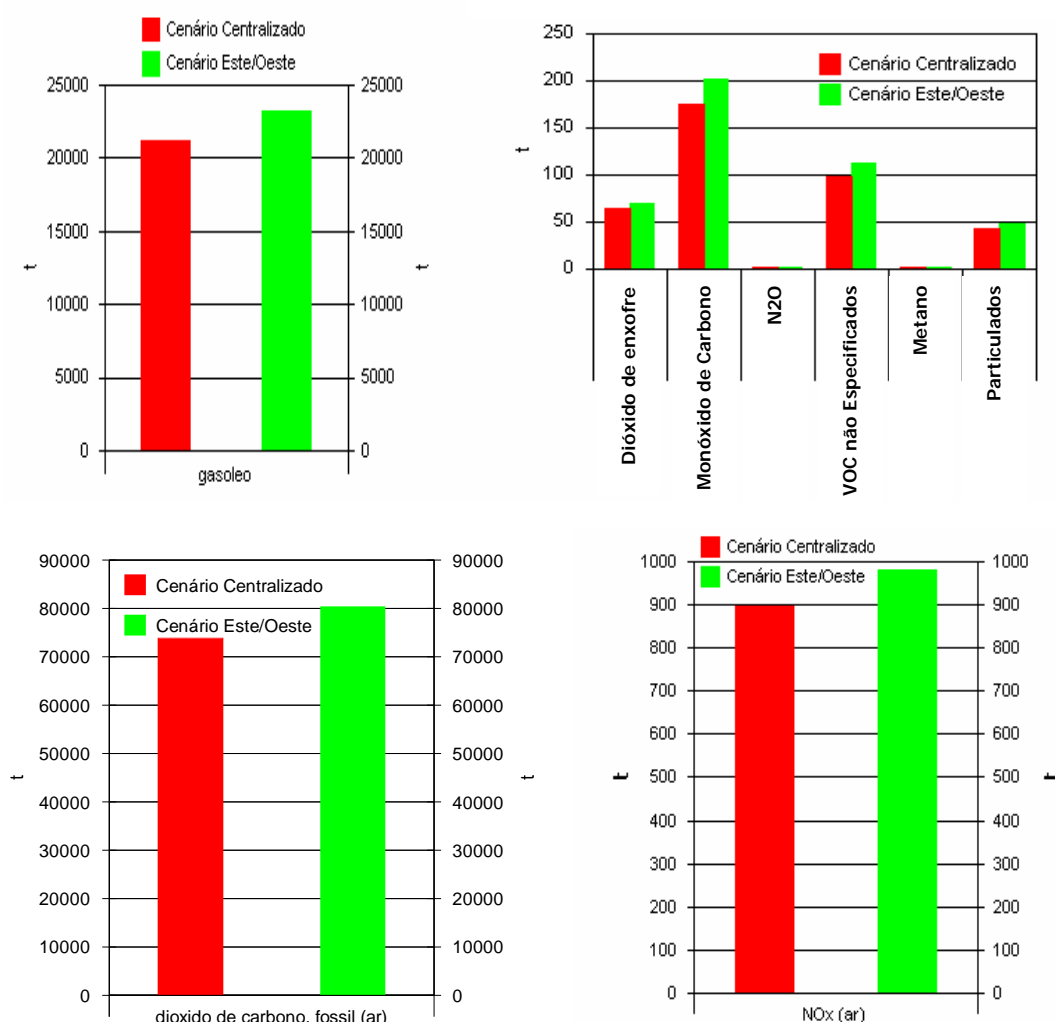
**Figura 35** – Custos de transporte associados ao transporte para as várias ETAR

Como se pode verifica nas imagens da Figura 35, os custos de transporte para o cenário Este/Oeste (a soma dos transportes das duas sub-redes) é de 197.297,79 EUR, enquanto que os custos de transporte no cenário centralizado são bastante superiores na ordem dos 265.000 EUR. Verifica-se uma diferença de cerca de 69.000 EUR a favor do cenário Este/Oeste em contraponto com a diferença de custos fixos de cerca de 40.000 EUR a favor do cenário centralizado, pelo que, ainda assim, o cenário Este/Oeste é benéfico em termos de custos totais anuais.

Tendo em conta que os custos de transporte são calculados por quilómetro percorrido, conclui-se que no total o cenário com duas estações de tratamento tem menos distância percorrida pelos efluentes antes destes chegarem à estação de tratamento. Este factor poderia ainda ser maximizado num cenário com maior descentralização ou com uma localização diferente das

ETAR no cenário Este/Oeste. No entanto, neste caso em concreto teve que se ter em conta a limitação da localização das ETAR. Apesar de a zona industrial de Sarge ser a mais central, as de Paul e Monte Redondo são também muito próximas, o que faz variar menos a distância total percorrida do que num cenário em que a localização óptima das ETAR pudesse ser calculada sem restrições com o apoio de sistemas de informação geográfica para otimizar os circuitos de recolha. Neste caso em concreto, a única alternativa seria eventualmente considerar uma das ETAR na zona industrial de Campelos, o que implicaria, ainda assim, uma maior distância de transporte para as suiniculturas mais a Sul do concelho.

Apesar de se verificar um maior custo de transporte no cenário centralizado e consequentemente, uma maior distância total de transporte, verifica-se que no cenário com as duas ETAR (Este / Oeste), que o consumo de combustível e a emissão de poluentes gasosos é ligeiramente superior.



**Figura 36** – Representação das entradas de combustível e saídas de emissões gasosas

Na representação da Figura 36 estão representadas em gráficos diferentes as de dióxido de carbono fóssil e óxidos de azoto pois têm valores emitidos de ordem de grandeza muito diferente, pelo que a sua representação no mesmo gráfico retiraria expressão à representação dos outros poluentes.

Esta discrepância no consumo de combustível e emissão de poluentes em relação à distância total pode explicar-se pelas diferenças nas distâncias relativas e factores de carga nos transportes. Isto é, apesar de as distância totais no cenário Este / Oeste serem menores, neste cenário haverá distâncias percorridas com camiões mais carregados superiores às percorridas com menores factores de carga.

Neste trabalho não foram considerados os custos de oportunidade de optar por um tratamento por digestão anaeróbia em detrimento de outro tipo de tratamento. Não foi considerada, por exemplo, a área agrícola associada às áreas de influência das estações, que é um factor importante na avaliação de viabilidade de um tratamento deste tipo (potencial de utilização dos sub-produtos ao nível local).



## 8 CONCLUSÕES

Pretendeu-se neste trabalho aplicar a metodologia da AFM à avaliação comparativa de dois cenários alternativos para a gestão de chorumes de suinicultura no Concelho de Torres Vedras, não tendo chegado a ser modelado um cenário com tratamento descentralizado de resíduos em instalações individuais.

Com base na estratégia colocada em prática pelas entidades gestoras dos efluentes na região Oeste (nomeadamente, Águas do Oeste, SA e TREVOESTE), definiram-se dois cenários viáveis em termos de dimensão das explorações e das distâncias de transporte: um cenário de gestão centralizada dos chorumes do concelho e um cenário de existência de duas estações de tratamento distintas.

Estes cenários foram devidamente dimensionados e orçamentados para que esta informação pudesse “alimentar” o modelo construído no *software* UMBERTO para a análise comparativa com base nos fluxos de materiais e energia.

Uma das grandes dificuldades do estudo consistiu na obtenção de informação no mercado para esta fase prévia à modelação. A grande maioria (ou mesmo quase totalidade) das empresas fornecedoras de serviços (transporte) e equipamentos não se mostrou disponível para fornecer a informação necessária quanto às características e custos de mercado dos serviços e equipamentos que forneciam. Assim, apenas foi possível obter a maioria desta informação junto de uma empresa de projecto de ETAR, através da consulta de equipamentos semelhantes aos necessários em projectos recentes elaborados pela empresa.

Verificou-se que em termos de fluxos de materiais e energia era indiferente optar pelo cenário centralizado ou pelo cenário Este / Oeste.

Em termos financeiros o cenário centralizado era logicamente mais benéfico no que diz respeito ao esforço inicial de investimento. No entanto, em termos totais, considerando anualmente a amortização de um vintavo dos custos de investimento, os custos de operação e os custos de transporte, o cenário Este/Oeste foi o mais benéfico.

Ao benefício financeiro, o cenário Este / Oeste soma a vantagem estratégica de gestão e de análise de riscos. Em caso de falha numa das instalações, não fica comprometido todo o sistema, havendo uma outra alternativa. Além disso, não se concentra fisicamente toda a carga poluente, novamente uma solução mais conservadora e prudente em caso de catástrofe ou de falha do sistema de tratamento.

No entanto, em termos de emissões para a atmosfera o cenário centralizado parece ser mais favorável, com um total de emissões ligeiramente inferior ao do cenário Este/Oeste.

Verificou-se ainda a utilidade do *software* UMBERTO e da metodologia de AFM na análise e projecção / decisão de sistemas de gestão de resíduos e efluentes, neste caso, de efluentes de suiniculturas. Este software permitiu modelar dois sistemas hipotéticos de gestão de chorumes de suiniculturas e compará-lo facilmente e de forma intuitiva, de forma a, caso fosse o caso, optar pela solução mais adequada aos constrangimentos e oportunidades da envolvente. Esta decisão poderia, com o apoio deste estudo, ser tomada de forma mais consciente e esclarecida uma vez que foi possível observar e comparar fluxos de materiais, de energia e também os fluxos financeiros associados à implementação das soluções estudadas.

Tendo em conta a dimensão das estações planeadas nos cenários estudados e a necessidade de transporte a distâncias significativas, seria de todo o interesse numa futura oportunidade, aprofundar este estudo através da modelação de soluções mais descentralizadas. Assim, seria interessante estudar a possível aglomeração de pequenos grupos de produtores de chorumes (e eventualmente, outros resíduos orgânicos para tratar em regime de co-digestão) ao nível de freguesia (nas freguesias em que o número de animais equivalentes o justifique) ou a outro nível de aglomeração. Por outro lado, seria ainda interessante considerar a hipótese das instalações individuais, principalmente nas explorações com elevado número de animais, tendo em conta a possibilidade de instalações de tratamento de pequena dimensão serem de mais fácil gestão, além de potenciar o aproveitamento da energia térmica produzida na co-geração, por exemplo, para aquecimento das instalações onde os animais se encontram ou mesmo das instalações da quinta.

Um outro aspecto a ter em conta em trabalhos futuros são os potenciais de optimização dos circuitos de recolha dos chorumes. O facto de optimizar estes circuitos poderá ter impactos significativos na diminuição das distâncias totais de transporte já que se torna possível recolher numa mesma viagem chorumes de várias explorações próximas com produções que não permitem o transporte de cargas completas nos veículos. Ao considerar este factor conseguir-se-á uma análise mais completa e realista dos cenários avaliados.

Por outro lado, de futuro devem ser considerados os custos e benefícios de oportunidade de optar por um tratamento por digestão anaeróbia, nomeadamente, a quantificação da área agrícola da zona de influência de cada estação (no caso de estações individuais, a área agrícola da exploração produtora de resíduos orgânicos).

## 9 BIBLIOGRAFIA

- ADENE / INETI (2001), Forum Energias Renováveis em Portugal - Relatório Síntese
- ÁGUAS DO OESTE (2007), Solução Integrada para o Tratamento dos Efluentes de Suinicultura dos rios Tornada e Real / Arnóia, 2007
- AIRO – Associação Industrial da Região do Oeste; Caracterização da População, (<http://www.airo.oestedigital.pt/custompages/showpage.aspx?pageid=7a7bfe31-e3a4-41dd-92ea-18c2cf9da52d&m=b34> , consultado em 28 de Outubro de 2007)
- ALVES, Madalena; OLIVEIRA, Rosário(2006); A importância da digestão anaeróbia na gestão integrada de resíduos, Artigo n.º 2 dos conteúdos do Boletim Informativo do CVR – Centro para a Valorização de Resíduos, (<http://www.cvrresiduos.pt/conteudo/boletins/artigos/?D=A>, consultado em 10 de Dezembro de 2008)
- ALVES, Madalena (2008); Experiências de biogás na Europa; comunicação apresentada no seminário “Biogás: desafios e oportunidades para Portugal”, Lisboa, Maio de 2008
- AMBIENTE ON LINE (2008); Simlis inaugura ETAR do Norte em Leiria. (<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=7268>), consultado em 17 de Novembro de 2008)
- AMBIENTE ON LINE (2007); Efluentes de explorações agro-pecuárias necessitam de 850 milhões. (<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=4911>, consultado em 16 de Março de 2007)
- ANTUNES, Paula (2000); Aula sobre Ecologia Industrial; Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
- BARDACH, J. E., SANTERE, M. T.; (1979), Organic residues in aquaculture, in Bioconversion of organic residues for rural communities, United Nations University, (<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80434e/80434E0g.htm> consultado em 30 de Janeiro de 2006
- BEILSCHMIDT, Peter (2006), Gestão de Fluxos de Materiais e Energia com o software UMBERTO comunicação apresentada no “Seminário sobre Ferramentas de Apoio à Gestão Ambiental e Empresarial”, EST Setúbal, 28 de Março de 2006
- BERARDINO, Santino Di (2008); Implementação de Sistemas de Biogás em Portugal: Barreiras existentes e necessidades futuras, comunicação apresentada no Seminário “Biogás: Oportunidades e Desafios Para Portugal”, CCB Lisboa, 29 de Maio de 2008

BRANDÃO, Viviane, *et al* (2000) Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando-se filtros orgânicos, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.327-333, Campina Grande

BRINGEZU, Stefan (2003), Industrial ecology and material flow analysis, Greenleaf Publishing, Germany

CÂMARA MUNICIPAL DE TORRES VEDRAS, <http://www.cm-tvedras.pt/viver/economia-desenvolvimento/caracterizacao/gab-empresas/linha-expresso/cd/>, consultado em 26 de Dezembro de 2008

CÂMARA MUNICIPAL DE TORRES VEDRAS (2007), Levantamento e Caracterização da Situação Existente nas Suinoculturas do Concelho de Torres Vedras, Divisão de Ambiente da Câmara Municipal de Torres Vedras

CASAGRANDE JR., Eloy (2007); Gestão sustentável do espaço urbano do Oeste: Bio-tecnoparque Oeste; CEIFA ambiente, Lda., Lourinhã (disponível em [http://www.ceifa-ambiente.net/portugues/publicacoes/cadernos-ceifa/Caderno\\_CEIFA\\_Nr8.pdf/view](http://www.ceifa-ambiente.net/portugues/publicacoes/cadernos-ceifa/Caderno_CEIFA_Nr8.pdf/view))

CCDR-LVT (Comissão de Coordenação da Região de Lisboa e Vale do Tejo) (2001) Ligar a Europa e o Atlântico: competitividade e solidariedade, Lisboa

CCDR-LVT (Comissão de Coordenação da Região de Lisboa e Vale do Tejo), (1999) Plano Estratégico da Região de Lisboa, Oeste e Vale do Tejo, CCRLVT, Lisboa

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS; (2003); Comunicação da Comissão – Para uma Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos; Comissão das Comunidades Europeias; Bruxelas

COOPER, J. S.; [http://faculty.washington.edu/cooperjs/Definitions/material\\_flow\\_analysis.htm](http://faculty.washington.edu/cooperjs/Definitions/material_flow_analysis.htm); University of Washington; consultado em 13 de Dezembro de 2007

CRUZAN, Beth, The History of Anaerobic Digestion, <http://web.pdx.edu/~cruzan/The%20Magic%20of%20Methane/History%20of%20AD.htm>, consultado em 04 de Dezembro de 2008

DIÁRIO DIGITAL; [http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section\\_id=114&id\\_news=372998](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section_id=114&id_news=372998), consultado em 12 de Fevereiro de 2008

DUARTE, Elizabeth; FERREIRA, Luís (2007); Optimização da produção de biogás em explorações pecuárias/agrícolas o desafio da auto-suficiência energética; comunicação apresentada no Seminário “Culturas Energéticas, Biomassa e biocombustíveis”, Évora, Dezembro de 2007

EDP – Energias de Portugal, [http://www.edp.pt/EDPI/Internet/PT/Group/Clients/Regulated\\_market/Tariffs/MT.htm](http://www.edp.pt/EDPI/Internet/PT/Group/Clients/Regulated_market/Tariffs/MT.htm), consultado em 20 de Fevereiro de 2009

EIONET – European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production; <http://scp.eionet.europa.eu/themes/mfa/1>, consultado em 13 / Dezembro / 2007.

ETSU – Energy Technology Support Unit (1997), Anaerobic digestion of farm and food processing residues – Good practice guidelines, Energy Technology Support Unit, Reino Unido

EUROSTAT (2001), Economy-wide material flow accounts and derived indicators – A methodological guide, Comissão das Comunidades Europeias, Luxemburgo

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) - <http://www.eea.europa.eu/>, consultado a 13 de Dezembro de 2006

ERDMENGER, C Et al, (2000), Local loops – How environment management cycles contribute to local sustainability, Comissão Europeia; 2000, Bruxelas

FERNANDES, António e SILVA, Pedro, Chorumes nas Explorações de Bovinicultura Leiteira Intensiva – Opções de Tratamento [http://www.drapn.min-agricultura.pt/draedm/centro\\_documento/documentacao/revista\\_pdf/16.Chorumes.pdf](http://www.drapn.min-agricultura.pt/draedm/centro_documento/documentacao/revista_pdf/16.Chorumes.pdf), consultado em 05 de Janeiro de 2009

FERREIRA, Luís (2002); Valorização dos Chorumes Suinícolas por Co-digestão Anaeróbia – A Solução centralizada de Produção de Biogás; Dissertação de Mestrado em Tecnologia Alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

FREIRE, Fausto (2002/2003), Apontamentos da Disciplina de Gestão da Energia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FULGÊNCIO, Cláudia; Uma pegada cada vez menos ecológica; Naturlink, <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=6788&iLingua=1>; consultado em 18 de Dezembro de 2007

HIDROPROJECTO (2002), Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis; Lisboa

IOL – PORTUGAL DIÁRIO; <http://diario.iol.pt/noticias/agua-porto-de-mos/902384-291.html>, consultado em 12 de Janeiro de 2008

INR – Instituto Nacional dos Resíduos (2003) Produção de resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares em Portugal no ano de 2003; Lisboa

INR – Instituto Nacional dos Resíduos (2004); Sistemas de Gestão de RSU; Lisboa

JORNAL DE NOTÍCIAS ON-LINE; [http://jn.sapo.pt/72007/03/03/pais/tratamento\\_efluentes\\_custa\\_centimos](http://jn.sapo.pt/72007/03/03/pais/tratamento_efluentes_custa_centimos), consultado em 22 de Abril de 2008

LEVY, João de Quinhones (2000), Aspectos determinantes na concepção de estação de tratamento de águas residuais, <http://www.ecoservicos.pt/content/documents/2000->

[081\\_ArtigoCient.pdf;jsessionid= 2854903F42DDCBA5738EE25DEFB18DF0](#), consultado em 23 de Janeiro de 2009.

MAOTDR e MADRP (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas) (2007); Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais; MAOTDR e MADRP, Lisboa

OESTE ON-LINE; Suíniculturas sem ETAR; <http://www.oesteonline.pt/noticias/noticia.asp?nid=14619>; consultado em 10 de Janeiro de 2007

PLATAFORMA ZERO RESÍDUOS [http://www.zeroresiduos.info/index.php?option=com\\_compostagem&task=view&id=119&Itemid=111](http://www.zeroresiduos.info/index.php?option=com_compostagem&task=view&id=119&Itemid=111), consultado em 10 de Dezembro de 2008

PÚBLICO ON-LINE; <http://ecosfera.publico.pt>, consultado em 03 de Março de 2004

PÚBLICO ON-LINE; <http://ultimahora.publico.clix.pt>, consultado em 11 de Novembro de 2008

QUERCUS <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=636&articleID=1765>, consultado em 10 de Dezembro de 2008

SANTOS, Paulo (2003); Estudo de viabilidade do tratamento centralizado de resíduos agro-pecuários no Concelho de Montemor-o-Novo – Relatório final; Agência de Energia (ADENE) (Projecto PIGS – Projecto Integrado para Gestão de Suíniculturas, financiado pelo Programa LIFE-Ambiente)

SCHEPELMANN, Philipp; Economy-wide MFA (EMFA), [http://ivm5.ivm.vu.nl/sat/pdf/tool\\_chappdf.10.pdf](http://ivm5.ivm.vu.nl/sat/pdf/tool_chappdf.10.pdf), consultado em 13 de Dezembro de 2007

SMASTV – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Torres Vedras, [http://www.smastv.pt/Info/info\\_Tarifario.htm](http://www.smastv.pt/Info/info_Tarifario.htm), consultado em 20 de Fevereiro de 2009

SOUSA, Sónia (2005) Valorização Energética – Análise de viabilidade do Biogás produzido pelo chorume de suínos in “Tecnologia & Qualidade”, n.º 54 – Out-Dez 2005, Instituto de Soldadura e Qualidade

TCHOBANOGLIOUS et al, METCALF&EDDY (2003), Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, (4ª Edição) MacGraw-Hill, Nova Iorque

THE SUSTAINABLE SCALE PROJECT – <http://www.sustainablescale.org/ConceptualFramework/UnderstandingScale/MeasuringScale/MaterialFlowAnalysis.asp>, consultado em 14 de Dezembro de 2007

UNIVERSITY OF ADELAIDE; Bequiner’s guide to biogas; <http://www.adelaide.edu.au/biogas/>, consultado em 02 de Dezembro de 2008

WHANG (2007); Liang-Ming; Aula sobre Bioenergy Recovery from Organic. Waste Treatment Processes, Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

WIKIPÉDIA, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ass%C3%ADria>, e  
<http://terrasdeportugal.wikidot.com/nuts> consultado em 04 de Dezembro de 2008





**ANEXO I – SECÇÃO DA CARTA À ESCALA 1:100 000 DO INSTITUTO GEOGRÁFICO  
PORTUGUÊS (TORRES VEDRAS, FOLHA 30)**







## ANEXO II- DIMENSIONAMENTO DAS ETAR

### ETAR CENTRALIZADA

#### Dados de dimensionamento

Q =	806,93 m <sup>3</sup> /d =	33,62225 m <sup>3</sup> /h =	0,00934 m <sup>3</sup> /s
Q de ponta horário (admitindo o medio diário recebido em 8 horas) =			100,87 m <sup>3</sup> /h
Densidade =	1.005 kg/m <sup>3</sup>		
Massa =	810.968,67 kg/d		
CBO5 =	12.104,01 kg/d		
CBO5 =	15.000,00 g/m <sup>3</sup> = mg/L		
CQO =	28.919,03 kg/d		
SST =	18.156,02 kg/d		
SSV =	14.524,81 kg/d		
Tr homog=	2,00 h		
Tr dig =	10,00 d		

#### Tanque de recepção / Homogeneização

Arbitrar volume suficiente para **0,17 dia (4 horas)** considerando que em alguns casos a recepção pode ocorrer em horas coincidentes mas evitando mais degradação biológica antes do tratamento

Volume tanque de recepção =	134,49 m <sup>3</sup>	Vol médio horário =	33,62 m <sup>3</sup> /h
Altura de efluente arbitrada =	6,00 m	Altura para vol med =	1,50 m
Area =	22,41 m <sup>2</sup>		(alt minima :1,5m)
Raio =	2,67 m		
Diâmetro =	5,34 m		

Equipamentos: Misturador e arejamento (evitar odores)

#### Consumo de energia da Mistura diária

Potência misturador=	2,800 kW		
Tempo operação =	24,000 h/d e	365,00 d/ano	
Consumo electrico =	67,200 kW.h/d e	24.528,00 kW.h/ano	

#### Gradagem gradagem grossa (40mm)

secção do canal =  $\Delta T = b \cdot h = 3ah + 2Th$  onde **T** é a largura das barras, **a** o espaço entre barras, **b** a largura da base e **h** a altura da lâmina líquida

Admita-se p/ grade grossa:	a (mm) = 40,00	T (mm) = 10,00	
Área útil = Au =	0,02 m <sup>2</sup>	Veloc. Atraves.: V=	0,60 m/s
Área total = S =	0,0195 m <sup>2</sup>		

Admita-se largura do canal L = 0,40 m  
altura = S/L = h = 0,05 m

Verificação da velocidade de aproximação:

V = Q/S = 0,4800 m/s > 0,3 m/s < 0,6 m/s Verifica-se!!

#### Número de grades x:

b = a x + T x

Grade Grossa:	x = 8,00	Área util efectiva =	0,02 m <sup>2</sup>
		Vel efectiva atravessamento =	0,60 m/s
			Verifica-se 0,3 < V < 0,9 m/s

#### LIMPEZA MANUAL!!!

#### Tamizador

#### Consumo de energia da tamisação - diária

Potência do tamizador =	1,100 e	0,55 kW
Potência total do tamizador =	1,65 kW	
Tempo de operação =	24,000 h/d e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	39,600 kW.h/d e	14.454,00 kW.h/ano

**Bombagem do efluente****Três bombagens: uma para cada digestor com 1/3 do caudal****Conduta Elevatória**

Caudal diário de bombagem por bomba =	268,98 m <sup>3</sup> /d	
Tempo de bombagem diário =	6,00 h/d	
Caudal real de bombagem =	44.829,67 L/h	= 12,45 L/s
Caudal de Dimensionamento (L/s)	12,45	
Diferença de cotas entre montante e jusante =	6,00	
Diâmetro interior (mm)	110,00	
Comprimento (m)	15,00	

**Grupos Electrobomba - Dimensionamento****Perdas de carga**

Velocidade na C.E. (m/s)	1,31
j (m/m)	0,02
Altura Geométrica "Hg" (m)	6,00
Perda de carga distribuída "jd" (m)	0,31
Perdas de carga localizadas (acessórios) "jl" (m)	0,22
Altura manométrica de elevação "Hm" (m)	6,53

**Potência**

Potência absorvida ao veio "Pabs" (kW)	1,59
Potência Instalada "Pinst" (kW) (30% de segurança)	2,07
Rendimento	0,50

**Número de arranques por hora**

N (N<12)	3,59
----------	------

**Consumo Energia**

Potencia da bomba =	2,073 kw		
Tempo operação =	6,000 h/d	e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	12,437 kW.h/d	e	4.539,56 kW.h/ano por cada bomba
Consumo electrico =	37,311 kW.h/d	e	13.618,67 kW.h/ano por conjunto de 3 bombas

**Digestor****Dados Assumidos para o Dimensionamento**

Regime hidráulico do digestor =	Mistura completa
Temperatura de operação =	35 °C
Tempo Retenção (tr) =	10,00 d
Densidade	1,005
% Produção de Biogás =	3% (equivalente à remoção de sólidos voláteis)
% de metano no gás produzido =	70%
Volume de efluente diário	806,934 m <sup>3</sup> /d

<b>Volume de digestão =</b>	8069,34 m <sup>3</sup>	Admita-se	3 digestores c/volume	2689,8 m <sup>3</sup>
Altura =	9			
Área =	298,8644444			
Diâmetro =	19,51 m			
Raio =	9,75 m			

**Necessidades de Energia térmica**

1 caloria é a energia necessária para aumentar 1 °C a temperatura de 1L de água				
Admita-se água e as condições PTN -->		x calorias são necessárias para aumentar 35°C o volume do digestor		
Diferença de temperatura =	35,00 °C			
Volume a aquecer =	806,93 m <sup>3</sup> /d	=	806.934 L/d	
Necessidade de Energia térmica =	28.242.690,00 cal/d	=	32,85 kW.h/d	11990,25 kW.h/ano

**Consumo da agitação do digestor**

Potência agitador =	0,500 kW		
Tempo operação =	24,000 h/d	e	365,00 d/ano
Consumo eléctrico =	12,000 kW.h/d	e	4.380,00 kW.h/ano para um digestor
Consumo eléctrico =	36,000 kW.h/d	e	13.140,00 kW.h/ano para um digestor

**Secagem (centrífuga)**

Q a secar =	781,02 m <sup>3</sup> /d	
Tempo de operação =	16,00 h/d	
Q a secar =	48,81 m <sup>3</sup> /h	= 13,56 l/s

**Consumo Energia**Centrífugas para 5m<sup>3</sup>/h e para 10m<sup>3</sup>/h

<b>Necessário:</b>	<b>5,00 centrífugas de 10 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>com características:</b>
2 motores, potências =	22,00 kw e 7,50 kw	
Potencia centrífuga =	29,50 kw	
Tempo operação =	16,000 h/d e 365,00 d/ano	
Consumo electrico =	472,000 kW.h/d e 172.280,00 kW.h/ano	para cada centrífuga
Consumo electrico =	2.360,000 kW.h/d e 861.400,00 kW.h/ano	para as 5 centrífugas

**Polieletrólito**

Dosagem de polieletrólito	7 kg poli/ton SST	Concentração da solução mae de	0,50 %
funcionamento semanal	7 d/semana	Concentração da solução mae de	5,00 kg/m <sup>3</sup>
Periodo de funcionamento	16 h/dia	Volume de polieletrólito necessari	480,8 m <sup>3</sup> /d
Qtdd MS afluyente à desidratação	343403,60 kg/dia	Volume da Cuba	480,8 m <sup>3</sup>
	343,40 tonMS/d	Pot. doseador/agitadores (2) =	0,18 kw
Qtdd poli diario a juntar kg/d	2403,83 kg/dia	Potência Electroventilador =	0,70 kw
		Potencia total =	1,24 kw
		Consumo Energia =	19,84 kw.h

**Gasómetro**

Período de armazenamento =	4,00 h	
Produção diária de biogás =	20.229,96 m <sup>3</sup> /d	= 842,92 m <sup>3</sup> /h
Volume de armazenamento =	3.371,66 m <sup>3</sup>	
Volumes de gasómetros existentes:	2.150,00 Ou	1.720,00 m <sup>3</sup> => 1,96

## ETAR OESTE

### Dados de dimensionamento

Q =	317,25 m <sup>3</sup> /d =	13,21875 m <sup>3</sup> /h =	0,003672 m <sup>3</sup> /s
Q de ponta horário (admitindo o medio diário recebido em 8 horas) =			39,66 m <sup>3</sup> /h
Densidade =	1.005 kg/m <sup>3</sup>		
Massa =	318.836,25 kg/d		
CBO5 =	4.758,75 kg/d		
CBO5 =	15.000,00 g/m <sup>3</sup> = mg/L		
CQO =	11.896,88 kg/d		
SST =	7.138,13 kg/d		
SSV =	5.710,50 kg/d		
Tr homog=	2,00 d		
Tr dig =	10,00 d		

### Tanque de recepção / Homogeneização

Arbitrar volume suficiente para **0,17** dia (4 horas) considerando que em alguns casos a recepção pode ocorrer em horas coincidentes mas evitando mais degradação biológica antes do tratamento

Volume tanque de recepção =	52,88 m <sup>3</sup>	Vol médio horário =	13,22 m <sup>3</sup> /h
Altura de efluente arbitrada =	6,00 m	Altura para vol med =	1,50 m
Area =	8,81 m <sup>2</sup>		(alt minima :1,5m)
Raio =	1,67 m		
Diâmetro =	3,35 m		

Equipamentos: Misturador e arejamento (evitar odores)

#### Consumo de energia da Mistura diária

Potência misturador:	2,800 kW		
Tempo operação =	24,000 h/d e	365,00 d/ano	
Consumo electrico =	67,200 kW.h/d e	24.528,00 kW.h/ano	

### Gradagem gradagem grossa (40mm)

secção do canal =  $\Delta T = b \cdot h = 3ah + 2Th$  onde **T** é a largura das barras, **a** o espaço entre barras, **b** a largura da base e **h** a altura da lâmina líquida

Admita-se p/ grade grossa:	a (mm) = 40,00	T (mm) =	10,00
Área útil = Au =	0,01 m <sup>2</sup>	Veloc. Atraves.: V=	0,60 m/s
Área total = S =	0,0076 m <sup>2</sup>		

Admita-se largura do canal L =	0,30 m
altura = S/L = h =	0,03 m

Verificação da velocidade de aproximação:

V = Q/S =	0,4800 m/s	> 0,3 m/s	< 0,6 m/s	Verifica-se!!
-----------	------------	-----------	-----------	---------------

#### Número de grades x:

b = a x + T x

Grade Grossa:	x =	6,00	Área util efectiva =	0,01 m <sup>2</sup>
			Vel efectiva atravessamento =	0,60 m/s
				Verifica-se 0,3 < V < 0,9 m/s

**LIMPEZA MANUAL!!!**

### Tamizador

#### Consumo de energia da tamisação - diária

Potência dotamizador =	1,100 e	0,55 kW
Potência total do tamizador =	1,65 kW	
Tempo de operação =	24,000 h/d e	365,00 d/ano
Conumo electrico =	39,600 kW.h/d e	14.454,00 kW.h/ano



## Bombagem do efluente

### Conduta Elevatória

Caudal diário de bombagem =	317,25 m <sup>3</sup> /d	
Tempo de bombagem diário =	6,00 h/d	
Caudal real de bombagem =	52.875,00 L/h	= 14,69 L/s
Caudal de Dimensionamento (L/s)	14,69	
Cota de jusante (superfície livre na caixa "alta") (m)	6,00	
Diâmetro interior (mm)	120,00	
Comprimento (m)	15,00	

### Grupos Electrobomba - Dimensionamento

#### Perdas de carga

Velocidade na C.E. (m/s)	1,30
j (m/m)	0,02
Altura Geométrica "Hg" (m)	6,00
Perda de carga distribuída "jd" (m)	0,27
Perdas de carga localizadas (acessórios) "jl" (m)	0,22
Altura manométrica de elevação "Hm" (m)	6,49

#### Potência

Potência absorvida ao veio "Pabs" (kW)	1,87
Potência Instalada "Pinst" (kW) (30% de segurança)	2,43
Rendimento	0,50

#### Número de arranques por hora

N (N<12)	4,23
----------	------

### Consumo Energia

Potencia da bomba :	2,430 kw	
Tempo operação =	6,000 h/d	e 365,00 d/ano
Consumo electrico =	14,580 kW.h/d	e 5.321,70 kW.h/ano

## Digestor

### Dados Assumidos para o Dimensionamento

Regime hidráulico do digestor =	Mistura completa
Temperatura de operação =	35 °C
Tempo Retenção (tr) =	10,00 d (TCHOBANOGLIOUS et all, 2003)
Densidade	1,005
% Produção de Biogás =	3% (equivalente à remoção de sólidos voláteis)
% de metano no gás produzido =	70%
Volume de efluente diário	317,250 m <sup>3</sup> /d

Volume do digestor =	3172,5 m <sup>3</sup>
Altura =	9
Área =	352,5
Diâmetro =	21,19 m
Raio =	10,59 m

### Necessidades de Energia térmica

1 caloria é a energia necessária para aumentar 1 °C a temperatura de 1L de água

Admita-se água e as condições PTN --> x calorias são necessárias para aumentar 35°C o volume de água a alimentar o digestor

Diferença de temperatura =	35,00 °C	
Volume a aquecer =	317,25 m <sup>3</sup> /d	= 317.250 L/d
Necessidade de Energia térmica =	11.103.750,00 cal /d	= 12,91 kWh /d

### Consumo da agitação do digestor

Potência agitador =	2,800 kW	
Tempo operação =	24,000 h/d	e 365,00 d/ano
Consumo electrico =	67,200 kW.h/d	e 24.528,00 kW.h/ano

### Secagem (centrífuga)

Q a secar =	307,06 m3/d	
Tempo de operação	16,00 h/d	
Q a secar =	19,19 m3/h	= 5,33 l/s

### Consumo Energia

Centrífugas para 5m3/h e para 10m3/h

<b>Necessário:</b>	<b>2,00 centrífugas de 10 m3/h</b>	<b>com características:</b>
2 motores, potências	22,00 kw e 7,50 kw	
Potencia centrífuga :	29,50 kw	
Tempo operação =	16,000 h/d e 365,00 d/ano	
Consumo electrico =	472,000 kW.h/d e 172.280,00 kW.h/ano	para cada centrífuga
Consumo electrico =	944,000 kW.h/d e 344.560,00 kW.h/ano	para as 2 centrífugas

### Polielectrólito

Dosagem de polielectrólito	7 kg poli/ton SST	Concentração solução mae de Po	0,50 %
funcionamento semanal	7 d/semana	Concentração da solução mae de	5,00 kg/m3
Periodo de funcionamento	16 h/dia	Volume de polielectrólito necessár	189,015 m3/d
Qtdd MS afluente à desidratação	135010,78 kg/dia	Volume da Cuba	189,015 m3
	135,01 tomMS/d	Pot. doseador/agitadores (2) =	0,18 kw
Qtdd poli diario a juntar kg/d	945,08 kg/dia	Potência Electroventilador =	0,70 kw
		Potencia total =	1,24 kw
		Consumo Energia =	19,84 kw.h

### Gasómetro

Período de armazenamento =	5,00 h		
Produção diária de biogás =	7.953,51 m3/d	=	331,40 m3/h
Volume de armazenamento =	1.656,98 m3		
Volumes de gasómetros existentes	2.150,00 Ou	1.720,00 m3	=> 0,96

## ETAR ESTE

### Dados de dimensionamento

Q =	489,68 m <sup>3</sup> /d =	20,4035 m <sup>3</sup> /h =	0,0056676 m <sup>3</sup> /s
Q de ponta horário (admitindo o medio diário recebido em 8 horas) =			61,21 m <sup>3</sup> /h
Densidade =	1.005 kg/m <sup>3</sup>		
Massa =	492.132,42 kg/d		
CBO5 =	7.345,26 kg/d		
CBO5 =	15.000,00 g/m <sup>3</sup> = mg/L		
CQO =	18.363,15 kg/d		
SST =	11.017,89 kg/d		
SSV =	8.814,31 kg/d		
Tr homog=	2,00 d		
Tr dig =	10,00 d		

### Tanque de recepção / Homogeneização

Arbitrar volume suficiente para **0,17** dia (4 horas) considerando que em alguns casos a recepção pode ocorrer em horas coincidentes mas evitando mais degradação biológica antes do tratamento

Volume tanque de recepção =	81,61 m <sup>3</sup>	Vol médio horário =	20,40 m <sup>3</sup> /h
Altura de efluente arbitrada =	6,00 m	Altura para vol med =	1,50 m
Area =	13,60 m <sup>2</sup>		(alt minima :1,5m)
Raio =	2,08 m		
Diâmetro =	4,16 m		

Equipamentos: Misturador e arejamento (evitar odores)

#### Consumo de energia da Mistura diária

Potência misturador=	2,800 kW		
Tempo operação =	24,000 h/d	e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	67,200 kW.h/d	e	24.528,00 kW.h/ano

### Gradagem gradagem grossa (40mm)

secção do canal =  $\Delta T = b \cdot h$  =  $3ah + 2Th$  onde **T** é a largura das barras, **a** o espaço entre barras, **b** a largura da base e **h** a altura da lâmina líquida

Admita-se p/ grade grossa:	a (mm) = 40,00	T (mm) =	10,00
Área útil = Au =	0,01 m <sup>2</sup>	Veloc. Atraves.: V=	0,60 m/s
Área total = S =	0,0118 m <sup>2</sup>		

Admita-se largura do canal L =	0,30 m
altura = S/L = h =	0,04 m

Verificação da velocidade de aproximação:

V = Q/S =	0,4800 m/s	> 0,3 m/s	< 0,6 m/s	Verifica-se!!
-----------	------------	-----------	-----------	---------------

#### Número de grades x:

b = a x + T x

Grade Grossa:	x =	6,00	Área util efectiva =	0,01 m <sup>2</sup>
			Vel efectiva atravessamento =	0,60 m/s

**LIMPEZA MANUAL!!!** Verifica-se 0,3 < V < 0,9 m/s

### Tamizador

#### Consumo de energia da tamisação - diária

Potência dotamizador =	1,100 e	0,55 kW
Potência total do tamizador =	1,65 kW	
Tempo de operação =	24,000 h/d e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	39,600 kW.h/d e	14.454,00 kW.h/ano

**Bombagem do efluente****2 bombagens: uma para cada digestor com 1/2 do caudal****Conduta Elevatória**

Caudal diário de bombagem =	244,84 m <sup>3</sup> /d	
Tempo de bombagem diário =	6,00 h/d	
Caudal real de bombagem =	40.807,00 L/h	= 11,34 L/s
Caudal de Dimensionamento (L/s)	11,34	
Cota de jusante (superfície livre na caixa "alta") (m)	6,00	
Diâmetro interior (mm)	100,00	
Comprimento (m)	15,00	

**Grupos Electrobomba - Dimensionamento****Perdas de carga**

Velocidade na C.E. (m/s)	1,44
j (m/m)	0,03
Altura Geométrica "Hg" (m)	6,00
Perda de carga distribuída "jd" (m)	0,43
Perdas de carga localizadas (acessórios) "jl" (m)	0,22
Altura manométrica de elevação "Hm" (m)	6,65

**Potência**

Potência absorvida ao veio "Pabs" (kW)	1,48
Potência Instalada "Pinst" (kW) (30% de segurança)	1,92
Rendimento	0,50

**Número de arranques por hora**

N (N<12)	3,27
----------	------

**Consumo Energia**

Potencia da bomba =	1,923 kw		
Tempo operação =	6,000 h/d	e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	11,539 kW.h/d	e	4.211,72 kW.h/ano
Consumo electrico =	23,078 kW.h/d	e	8.423,43 kW.h/ano
			por bomba
			por 2 bombas

**Digestor****Dados Assumidos para o Dimensionamento**

Regime hidráulico do digestor =	Mistura completa
Temperatura de operação =	35 °C
Tempo Retenção (tr) =	10,00 d (TCHOBANOGLIOUS et all, 2003)
Densidade	1,005
% Produção de Biogás =	3% (equivalente à remoção de sólidos voláteis)
% de metano no gás produzido =	70%
Volume de afluente diário	489,684 m <sup>3</sup> /d

<b>Volume do digestor =</b>	4896,84 m <sup>3</sup>	Admita-se	2 digestores c/volume	2448,42 m <sup>3</sup>
Altura =	9			
Área =	272,0466667			
Diâmetro =	18,61 m			
Raio =	9,31 m			

**Necessidades de Energia térmica**

1 caloria é a energia necessária para aumentar 1 °C a temperatura de 1L de água	
Admita-se água e as condições PTN -->	x calorias são necessárias para aumentar 35°C o volume do digestor
Diferença de temperatura =	35,00 °C
Volume a aquecer =	489,68 m <sup>3</sup> /d = 489.684 L
Necessidade de Energia térmica =	17.138.940,00 cal /d = 19,94 kW.h/d 7278,1 kW.h/ano

**Consumo da agitação do digestor**

Potência agitador =	0,500 kW	
Tempo operação =	24,000 h/d	e 365,00 d/ano
Consumo electrico =	12,000 kW.h/d	e 4.380,00 kW.h/ano
Consumo electrico =	24,000 kW.h/d	e 8.760,00 kW.h/ano
		por digestor
		por 2 digestores

**Secagem (centrífuga)**

Q a secar =	473,96 m <sup>3</sup> /d	
Tempo de operação =	16,00 h/d	
Q a secar =	29,62 m <sup>3</sup> /h =	8,23 l/s

**Consumo Energia**Centrífugas para 5m<sup>3</sup>/h e para 10m<sup>3</sup>/h

<b>Necessário:</b>	<b>3,00 centrífugas de 10 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>com características:</b>
2 motores, potências =	22,00 kw e	7,50 kw
Potencia centrífuga =	29,50 kw	
Tempo operação =	16,000 h/d e	365,00 d/ano
Consumo electrico =	472,000 kW.h/d e	172.280,00 kW.h/ano para cada centrífuga
Consumo electrico =	1.416,000 kW.h/d e	516.840,00 kW.h/ano para as 3 centrífugas

**Polieletrólito**

Dosagem de polieletrólito	7 kg poli/ton SST	Concentração da solução mae de Poli	0,50 %
funcionamento semanal	7 d/semana	Concentração da solução mae de Poli	5,00 kg/m <sup>3</sup>
Periodo de funcionamento	16 h/dia	Volume de polieletrólito necessário	291,750 m <sup>3</sup> /d
Qtdd MS afluente à desidratação	208392,81 kg/dia	Volume da Cuba	291,750 m <sup>3</sup>
	208,39 tomMS/d	Pot. doseador/agitadores (2) =	0,18 kw
Qtdd poli diario a juntar kg/d	1458,75 kg/dia	Potência Electroventilador =	0,70 kw
		Potencia total =	1,24 kw
		Consumo Energia =	19,84 kw.h

**Gasómetro**

Período de armazenamento =	4,00 h	
Produção diária de biogás =	12.276,45 m <sup>3</sup> /d =	511,52 m <sup>3</sup> /h
Volume de armazenamento =	2.046,08 m <sup>3</sup>	
Volumes de gasómetros existentes:	2.150,00	0u 1.720,00 m <sup>3</sup> =>

## ANEXO III – BALANÇO DE MASSAS

### ETAR CENTRALIZADA

#### Dados: Balanço de massas

Total Afluente =	810968,67 kg / d
=	296.814,53 t/ano
Entrada CBO5 =	12.104,01 kg / d
Entrada CQO =	28.919,03 kg / d
Entrada STT =	18.156,02 kg / d

#### Tanque de recepção / Homogeneização

Total Afl = Total Efl = 810.968,67 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0083 kW.h / 100 kg de eflue

#### Gradagem gradagem grossa (40mm)

Segundo apontamento de STAE do curso Eng. Sanitária

Eficiência de remoção de SST = 5% Apontamentos do curso

Carga afluente SST =	18.156,02 kg/d
Carga removida =	907,80 kg/d
Carga efluente SST =	17.248,21 kg/d
Total afluente =	810.968,67 kg/d
Total efluente =	<b>810.060,87</b> kg/d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

#### Tamisador

Eficiência de remoção de SST = 5% à semelhança da gradagem

Carga afluente SST =	17.248,21 kg/d
Carga removida =	862,41 kg/d
Carga efluente SST =	16.385,80 kg/d
Total afluente =	810.060,87
Total efluente =	<b>809.198,46</b> kg/d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0049 kW.h / 100 kg de aflue

## Bombagem do efluente

Total Afl = Total Efl = 809.198,46 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0046 kW.h / 100 kg de afluente

## Digestor

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluente = 100,00

Biogás Produzido = 3,00

Digerido Efluente = 97,00

Total afluente = 809.198,46 kg/d

Total efluente = **784.922,50** kg/d

Biogás Produzido = 24.275,95 kg/d

Segundo Antunes et al, 2002

Densidade do biogás = 1,2 Kg/m<sup>3</sup>

Vol Biogás prod.= 20.229,96 m<sup>3</sup>/dia

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0044 kW.h / 100 kg de afluente

Consumo térmico para 100 kg de efluente = 0,0041 kW.h / 100 kg de afluente

## Secagem Centrífuga

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluente = 100,00

Líquido Clarificado = 25,00

Fibra = 75,00

Total afluente = 784.922,50 kg/d

Líquido Clarificado = **196.230,63** kg/d

Fibra = 588.691,88 kg/d

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,3032 kW.h / 100 kg de afluente

input de polielectrólito = 0,70 kg de polielectrólito / 100 kg de afluente

input de água para solução = 61,25 kg de água para solução / 100 kg de afluente

## ETAR OESTE

### Dados: Balanço de massas

Total Afluente = 318836,25 kg / d  
= 116.375,23 ton/ano  
Entrada CBO5 = 4.758,75 kg / d  
Entrada CQO = 11.896,88 kg / d  
Entrada STT = 7.138,13 kg / d

### Tanque de recepção / Homogeneização

Total Afl = Total Efl = 318.836,25 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0211 kW.h / 100 kg de efluente

### Gradagem gradagem grossa (40mm)

Segundo apontamento de STAE do curso Eng. Sanitária

Eficiência de remoção de SST = **5% Apontamentos STAE II**

Carga afluente SST = 7.138,13 kg/d  
Carga removida = 356,91 kg/d  
Carga efluente SST = 6.781,22 kg/d  
Total afluente = 318.836,25 kg/d  
Total efluente = **318.479,34 kg/d**

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

### Tamisador

Eficiência de remoção de SST = **5% à semelhança da gradagem**

Carga afluente SST = 6.781,22 kg/d  
Carga removida = 339,06 kg/d  
Carga efluente SST = 6.442,16 kg/d  
Total afluente = 318.479,34  
Total efluente = **318.140,28 kg/d**

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0124 kW.h / 100 kg de afluente

### Bombagem do efluente

Total Afl = Total Efl = 318.140,28 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0046 kW.h / 100 kg de afluente



## Digestor

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluyente =	100,00
Biogás Produzido =	3,00
Digerido Efluyente =	97,00

Total afluyente =	318.140,28 kg/d
Total efluyente =	<b>308.596,07</b> kg/d
Biogás Produzido =	9.544,21 kg/d

Segundo Antunes et al, 2002

Densidade do biogás = 1,2 Kg/m<sup>3</sup>

Vol Biogás prod.= 7.953,51 m<sup>3</sup>/dia

Consumo eléctrico para 100kg de efluyente = 0,0211 kW.h / 100 kg de afluyente

Consumo térmico para 100 kg de efluyente = 0,0042 kW.h / 100 kg de afluyente

## Secagem Centrífuga

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluyente =	100,00
Líquido Clarificado =	25,00
Fibra =	75,00

Total afluyente =	308.596,07 kg/d
Líquido Clarificado =	<b>77.149,02</b> kg/d
Fibra =	231.447,06 kg/d

Consumo eléctrico para 100kg de efluyente = 0,3123 kW.h / 100 kg de afluyente

input de polielectrólito = 0,70 kg de polielectrólito / 100 kg de afluyente

input de água para solução = 61,25 kg de água para solução / 100 kg de afluyente

## ETAR ESTE

### Dados: Balanço de massas

Total Afluente =	492.132,42 kg / d
=	179.628,33 ton/ano
Entrada CBO5 =	7.345,26 kg / d
Entrada CQO =	18.363,15 kg / d
Entrada STT =	11.017,89 kg / d

### Tanque de recepção / Homogeneização

Total Afl = Total Efl = 492.132,42 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0137 kW.h / 100 kg de efluente

### Gradagem gradagem grossa (40mm)

Segundo apontamento de STAE do curso Eng. Sanitária

Eficiência de remoção de SST = **5% Apontamentos STAE II**

Carga afluente SST =	11.017,89 kg/d
Carga removida =	550,89 kg/d
Carga efluente SST =	10.467,00 kg/d
Total afluente =	492.132,42 kg/d
Total efluente =	<b>491.581,53 kg/d</b>

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

### Tamisador

Eficiência de remoção de SST = **5% à semelhança da gradagem**

Carga afluente SST =	10.467,00 kg/d
Carga removida =	523,35 kg/d
Carga efluente SST =	9.943,65 kg/d
Total afluente =	491.581,53
Total efluente =	<b>491.058,18 kg/d</b>

Relação entrada : Saída = 100,00 : 99,89  
Removido = 0,11

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0081 kW.h / 100 kg de afluente

### Bombagem do efluente

Total Afl = Total Efl = 491.058,18 kg / d

Relação entrada : Saída = 100,00 : 100,00  
Removido = 0,00

Consumo eléctrico para 100kg de efluente = 0,0047 kW.h / 100 kg de afluente

## Digestor

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluyente = 100,00

Biogás Produzido = 3,00

Digerido Efluyente = 97,00

Total afluyente = 491.058,18 kg/d

Total efluyente = **476.326,43** kg/d

Biogás Produzido = 14.731,75 kg/d

Segundo Antunes et al, 2002

Densidade do biogás = 1,2 Kg/m<sup>3</sup>

Vol Biogás prod.= 12.276,45 m<sup>3</sup>/dia

Consumo eléctrico para 100kg de efluyente = 0,0049 kW.h / 100 kg de afluyente

Consumo térmico para 100 kg de efluyente = 0,0041 kW.h / 100 kg de afluyente

## Secagem Centrífuga

Segundo média do Balanço de massas tipo - ETSU, 1997

Resíduo Afluyente = 100,00

Líquido Clarificado = 25,00

Fibra = 75,00

Total afluyente = 476.326,43 kg/d

Líquido Clarificado = **119.081,61** kg/d

Fibra = 357.244,82 kg/d

Consumo eléctrico para 100kg de efluyente = 0,3014 kW.h / 100 kg de afluyente

input de polielectrólito = 0,70 kg de polielectrólito / 100 kg de afluyente

input de água para solução = 61,25 kg de água para solução / 100 kg de afluyente

## ANEXO II – ORÇAMENTO

### ETAR CENTRALIZADA

REFERÊNCIA	MEDIÇÕES						ORÇAMENTO	
	Qty	Dimensões			Quantidade		Preços	
		Compr.	Larg.	Alt.	Parciais	Totais	Unitários	Totais
TANQUE DE HOMOGENEIZAÇÃO / EQUALIZAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1	22,41	0,1	2,24	2,24	56,00 €	125,52 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage (m²)	22,41	0,3	6,72	6,72	300,00 €	2.017,34 €	
	parede	16,7831196	0,35	6,50	38,18	38,18	300,00 €	11.454,48 €
Serralharias								
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.					26	26	12,00 €	312,00 €
Equipamentos								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potencia de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox					1	1	4.580,00 €	4.580,00 €
GRADAGEM E TAMISAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)		13,5	0,1	1,35	1,35	56,00 €	75,60 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage (m²)	13,50	0,3	4,05	4,05	300,00 €	1.215,00 €	
	parede	25,00	0,35	0,55	4,80	4,80	300,00 €	1.440,19 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkot" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	25	2	0,55	27,43	27,43	10,00 €	274,32 €
Equipamentos								
Grade manual com 390 x 1100 mm, executada em barra de aço inox AISI 316 de 20x5 mm, incluindo cantoneira L35x35x5 mm e espigões de Ø 20 mm, ancinho e forquilha	(conj)					2	415,00 €	830,00 €
Fornecimento e montagem de válvulas adufa de comando manual por abertura, com corpo em PEAD de 8 mm de espessura, com as dimensões de 400 x 800 mm incluindo vedantes, com orifício de 200 x 200 mm, a uma distância da base de assentamento no canal de 300 mm	(un)					3	120,00 €	360,00 €
Enxada para retirar resíduos com a largura de 15 cm com inclusão de cabo	(un)					2	7,00 €	14,00 €
Caudalímetro electromagnético para superfície parcialmente cheia, flangeado, PN 10, de DN 200 mm, com sinal de saída de 4 a 20 mA, com totalização à distância	(un)					1	2.930,00 €	2.930,00 €
Fornecimento e montagem de Tamisador com capacidade de retenção de sólidos de diâmetro superior a 6 mm, próprio para o caudal de efluente de 9, / s, com diâmetro do tambor de retenção de detritos de 400 mm, contendo transportador compactador com parafuso	(un)					1	38.350,00 €	38.350,00 €
Contentor de 700 L em PEAD para detritos sólidos, com 4 rodas em borracha e jantes em polietileno sendo as traseiras equipadas com travão, com protecção UV	(un)					2	320,00 €	640,00 €

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EFLUENTE PARA DIGESTÃO							
<b>Betão</b>							
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1			0,65	1	175,00 € 175,00 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	(m³)	1			7,28	7	350,00 € 2.450,00 €
Fornecimento, colocação e cura de betão para enchimento do fundo do poço de bombagem e caixa de válvulas em betão de 250 kg de cimento por m3	(m³)	1			0,52	1	75,00 € 75,00 €
Pintura das superfícies interiores do poço de bombagem e câmara de válvulas com 3 demãos cruzadas de "INERTOL POXITAR" ou equivalente	(m²)	1			45,62	46	16,00 € 736,00 €
<b>Equipamentos</b>							
Fornecimento e montagem de grupos electrobomba submersíveis para esgotos, com impulsores monocanal ou vortex, base de assentamento e acoplamento às tubagens, correntes de suspensão à superfície, e guias, com motores eléctricos trifásicos 400V - 50Hz, de	(un)					3	2.350,00 € 7.050,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>							
Troço de tubo de aço inox com costura AISI 304 L, de DN 80 (Ø ext 88,9 x 2,11 mm de parede), com 1250 mm de comprimento, com flange e ponta lisa soldado a curva a 90°, com flange na outra extremidade.	(conj)					3	410,00 € 1.230,00 €
Pás-muros em aço inox com costura AISI 304 de DN 80 mm (Ø88,9 x 2,11 mm de parede), com anel de âncoragem, flangeado PN 10, e com 600 mm de comprimento.	(un)					3	600,00 € 1.800,00 €
Válvula de retenção de esfera com tampa de visita em FFD, DN 80, flangeada, PN 10	(un)					3	255,00 € 765,00 €
Válvula de cunha flangeada série curta ISO/DIN, com comando manual por volante, e materiais constituintes interiores compatíveis com esgoto urbano DN 80, flangeada, em FFD, PN 10	(un)					3	198,00 € 594,00 €
Junta de desmontagem auto-travadas, em FFD, flangeada, DN 80, PN 10	(un)					3	325,00 € 975,00 €
<b>Serralharias</b>							
Fornecimento e montagem de tampas para os poços de bombagem e câmaras de manobras, em chapa fibra de vidro pultrudida em quadricula 100x30 chapeada, incluindo sistema de fixação e elevação e todos os trabalhos necessários.	(un)						
com 1,05x0,80		3			2,00	2	60,00 € 360,00 €
com 1,55x1,05		3			4,00	4	120,00 € 1.440,00 €
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	3			13,00	13	12,00 € 468,00 €
Fornecimento e colocação de perfis metálicos UNP 100 na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	3			1,00	1	32,50 € 97,50 €
<b>Diversos</b>							
Execução de maciços de apoio em betão simples, incluindo todos os trabalhos necessários (apoio acessórios).	(un)	3			2,00	4	25,00 € 300,00 €
Fornecimento e colocação de ralo sifonado de pavimento na câmara de válvulas, incluindo ligação ao poço de bombagem e todos os trabalhos e acessórios necessários.	(un)	3			1,00	1	40,00 € 120,00 €

DIGESTÃO								
<b>Betão</b>								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	3,00	298,86	0,10	89,66	89,66	56,00 €	5.020,92 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	lages: (m²)	3,00	298,86	0,30	89,66	89,66	300,00 €	26.897,80 €
	paredes: (m²)	3,00	61,28	0,35	9,50	203,77	300,00 €	61.130,08 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkot" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	3,00	298,864444	2	0,3	537,956	10,00 €	5.379,56 €
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potência de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox	(unid)					3	4.581,00 €	13.743,00 €
Permutador de calor	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			3	5.000,00 €	15.000,00 €
Cobertura de digestor para extracção do biogás	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			3	10.000,00 €	30.000,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>								
Tubagem em aço inox com costura AISI 304 de DN 100 mm, (Ø 114,3 x 2,11 mm de parede) com ligações soldadas ou flangeadas, para descarga do digerido, no comprimento total de 14,5 m incluindo curvas e acessórios	(conj)					3	820,00 €	2.460,00 €
<b>Secagem</b>								
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de centrífuga com capacidade de processamento de 10m3/h, accionada por dois motores de potências 22 e 7,5 kW	(unid)					5	73.200,00 €	366.000,00 €
Fornecimento e Montagem de Cuba de preparação do polieletrólito de 500 l de capacidade, equipada com tremonha de 75 l, executada em aço inox AISI 304, com doseador de pó de 1 a 4 kg /h, com o motor de accionamento de 0,18 kW, com dois agitadores lentos d								
	(unid)					1	12.040,00 €	12.040,00 €
Fornecimento e montagem de edifício de desidratação, incluindo, betão, serralharias, alvenarias, pinturas e equipamentos sanitários, sala dos quadros eléctricos, sala de comando e redes interiores	(unid)					1	105.000,00 €	105.000,00 €
Electroventilador centrífugo tipo ECT (Efavec) para montagem no tecto para caudal de 970 m³/h a 30 mm.c.a., com base, suporte e redes de protecção em aço galvanizado, accionado por motor monofásico, 400 V, 50 Hz, de 1 400 r.p.m. e de 0,70 kW de potência.	(unid)					5	240,00 €	1.200,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Gasómetro com Capacidade de armazenamento de 1.720 m3, com 16,32 de diâmetro e 12,79 m de altura, pressão de serviço de 200 mm. c.a. incluindo 1 ventilador ADF, 1 sistema de fixação ao solo, 2 sistemas de tuba	(unid)					2	125.775,00 €	251.550,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de tocha para fluxo de gás de 300 Nm3/h, capacidade máxima de queima de 5.000 kW para biogás com concentração mínima de metano de 30 - 50%, temperatura de combustão 1.000 - 1.200 °C e tempo de retenção do gás > 0.3 s	(unid)					1	84.500,00 €	84.500,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Motor com eficiência de conversão de energia de 84% (eficiência térmica de 45% e eléctrica de 38%), com perfil de desempenho de acordod com a ISO3046/1, tolerância de output térmico de +/- 8%, incluindo os permuta	(unid)					2	143.000,00 €	286.000,00 €
<b>TOTAL</b>							<b>1.349.175,31 €</b>	
<b>Amortização no ano de arranque, para um horizonte de projecto de 20 anos</b>							<b>67.458,77 €</b>	

Custos fixos anuais									
Custos de manutenção (Santos, 2005)						1.349.175,31 €	2,3%	31.031,03 €	
<b>Encargos de operação</b>									
Custos com pessoal									
Engenheiro responsável						1,00	1.600,00 €	1.600,00 €	
Técnicos						2,00	1.100,00 €	2.200,00 €	
Administrativos						1,00	800,00 €	800,00 €	
Operadores						2,00	700,00 €	1.400,00 €	
Total encargos (majoração 25% para encargos adicionais)						1,25	6.000,00 €	7.500,00 €	
Custos administrativos (Santos, 2005)						1	15.000,00 €	15.000,00 €	
Custos com análises físico-químicas						1	10.000,00 €	10.000,00 €	
Custos de energia (variáveis consoante a tecnologia e tipos de equipamentos instalados)						Calculados no modelo UMBERTO de acordo com as potências dos equipamentos instalados e valor de compra de energia à EDP, no modelo construído no software UMBERTO			
<b>Total de custos fixos anuais no ano de arranque</b>								<b>63.531,03 €</b>	

# ETAR OESTE

REFERÊNCIA	MEDIÇÕES						ORÇAMENTO	
	Qty	Dimensões			Quantidade		Preços	
		Compr.	Larg.	Alt.	Parciais	Totais	Unitários	Totais
TANQUE DE HOMOGENEIZAÇÃO / EQUALIZAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1	8,81	0,1	0,88	0,88	56,00 €	49,35 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage	8,81	0,3	2,64	2,64	300,00 €	793,13 €	
	(m³)	10,5233617	0,35	6,50	23,94	23,94	300,00 €	7.182,19 €
Serralharias								
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.					26	26	12,00 €	312,00 €
Equipamentos								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potencia de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox					1	1	4.580,00 €	4.580,00 €
GRADAGEM E TAMISAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)		11	0,1	1,1	1,1	56,00 €	61,60 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage	11,00	0,3	3,30	3,30	300,00 €	990,00 €	
	(m³)	25,00	0,35	0,53	4,60	4,60	300,00 €	1.379,44 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkol" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	25	2	0,53	26,27	26,27	10,00 €	262,75 €
Equipamentos								
Grade manual com 390 x 1100 mm, executada em barra de aço inox AISI 316 de 20x5 mm, incluindo cantoneira L35x35x5 mm e espigões de Ø 20 mm, ancinho e forquilha	(conj)					2	415,00 €	830,00 €
Fornecimento e montagem de válvulas adufa de comando manual por abertura, com corpo em PEAD de 8 mm de espessura, com as dimensões de 400 x 800 mm incluindo vedantes, com orifício de 200 x 200 mm, a uma distância da base de assentamento no canal de 300 mm	(un)					3	120,00 €	360,00 €
Enxada para retirar resíduos com a largura de 15 cm com inclusão de cabo	(un)					2	7,00 €	14,00 €
Caudalímetro electromagnético para superfície parcialmente cheia, flangeado, PN 10, de DN 200 mm, com sinal de saída de 4 a 20 mA, com totalização à distância	(un)					1	2.930,00 €	2.930,00 €
Fornecimento e montagem de Tamisador com capacidade de retenção de sólidos de diâmetro superior a 6 mm, próprio para o caudal de efluente de 4 l/s, com diâmetro do tambor de retenção de detritos de 400 mm, contendo transportador compactador com parafuso	(un)					1	34.000,00 €	34.000,00 €
Contentor de 700 L em PEAD para detritos sólidos, com 4 rodas em borracha e jantes em polietileno sendo as traseiras equipadas com travão, com protecção UV	(un)					2	320,00 €	640,00 €



ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EFLUENTE PARA DIGESTÃO								
<b>Betão</b>								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1			0,65	1	75,00 €	75,00 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	(m³)	1			7,28	7	350,00 €	2.450,00 €
Fornecimento, colocação e cura de betão para enchimento do fundo do poço de bombagem e caixa de válvulas em betão de 250 kg de cimento por m3	(m³)	1			0,52	1	75,00 €	75,00 €
Pintura das superfícies interiores do poço de bombagem e câmara de válvulas com 3 demãos cruzadas de "INERTOL POXITAR" ou equivalente	(m²)	1			45,62	46	16,00 €	736,00 €
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de grupos electrobomba submersíveis para esgotos, com impulsores monocal ou vortex, base de assentamento e acoplamento às tubagens, correntes de suspensão à superfície, e guias, com motores eléctricos trifásicos 400V - 50Hz, de	(un)					1	2.450,00 €	2.450,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>								
Troço de tubo de aço inox com costura AISI 304 L, de DN 80 (Ø ext 88,9 x 2,11 mm de parede), com 1250 mm de comprimento, com flange e ponta lisa soldado a curva a 90°, com flange na outra extremidade.	(conj)					1	410,00 €	410,00 €
Pás-muros em aço inox com costura AISI 304 de DN 80 mm (Ø88,9 x 2,11 mm de parede), com anel de âncoragem, flangeado PN 10, e com 600 mm de comprimento.	(un)					1	600,00 €	600,00 €
Válvula de retenção de esfera com tampa de visita em FFD, DN 80, flangeada, PN 10	(un)					1	255,00 €	255,00 €
Válvula de cunha flangeada série curta ISO/DIN, com comando manual por volante, e materiais constituintes interiores compatíveis com esgoto urbano DN 80, flangeada, em FFD, PN 10	(un)					1	198,00 €	198,00 €
Junta de desmontagem auto-travadas, em FFD, flangeada, DN 80, PN 10	(un)					1	325,00 €	325,00 €
<b>Serralharias</b>								
Fornecimento e montagem de tampas para os poços de bombagem e câmaras de manobras, em chapa fibra de vidro pultrudida em quadricula 100x30 chapeada, incluindo sistema de fixação e elevação e todos os trabalhos necessários.	(un)							
com 1,05x0,80		1			2,00	2	60,00 €	120,00 €
com 1,55x1,05		1			4,00	4	120,00 €	480,00 €
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	1			13,00	13	12,00 €	156,00 €
Fornecimento e colocação de perfis metálicos UNP 100 na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	1			1,00	1	32,50 €	32,50 €
<b>Diversos</b>								
Execução de maciços de apoio em betão simples, incluindo todos os trabalhos necessários (apoio acessórios).	(un)	1			2,00	4	25,00 €	100,00 €
Fornecimento e colocação de ralo sifonado de pavimento na câmara de válvulas, incluindo ligação ao poço de bombagem e todos os trabalhos e acessórios necessários.	(un)	1			1,00	1	40,00 €	40,00 €

DIGESTÃO								
<b>Betão</b>								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1,00	352,50	0,10	35,25	35,25	56,00 €	1.974,00 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	lages: (m²)	1,00	352,50	0,30	105,75	105,75	300,00 €	31.725,00 €
	paredes: (m²)	1,00	66,56	0,35	9,50	221,30	300,00 €	66.389,19 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkot" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	1,00	352,5	2	0,3	211,5	10,00 €	2.115,00 €
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potencia de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox	(unid)					1	4.581,00 €	4.581,00 €
Permutador de calor	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			1	5.000,00 €	5.000,00 €
Cobertura de digestor para extracção do biogás	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			1	10.000,00 €	10.000,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>								
Tubagem em aço inox com costura AISI 304 de DN 100 mm, (Ø 114,3 x 2,11 mm de parede)com ligações soldadas ou flangeadas, para descarga do digerido, no comprimento total de 14,5 m incluindo curvas e acessórios	(conj)					1	820,00 €	820,00 €
<b>Secagem</b>								
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de centrífuga com capacidade de processamento de 10m3/h, accionada por dois motores de potências 22 e 7,5 kW	(unid)					2	73.200,00 €	146.400,00 €
Fornecimento e Montagem de Cuba de preparação do polieletrólito de 500 l de capacidade, equipada com tremonha de 75 l, executada em aço inox AISI 304, com doseador de pó de 1 a 4 kg /h, com o motor de accionamento de 0,18 kW, com dois agitadores lentos d	(unid)					1	12.040,00 €	12.040,00 €
Fornecimento e montagem de edifício de desidratação, incluindo, betão, serralharias, alvenarias, pinturas e equipamentos sanitários, sala dos quadros electricos, sala de comando e redes interiores	(unid)					1	75.000,00 €	75.000,00 €
Electroventilador centrífugo tipo ECT (Efavec) para montagem no tecto para caudal de 970 m³/h a 30 mm.c.a., com base, suporte e redes de protecção em aço galvanizado, accionado por motor monofásico, 400 V, 50 Hz, de 1 400 r.p.m. e de 0,70 kW de potência.	(unid)					2	240,00 €	480,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Gasómetro com Capacidade de armazenamento de 1.720 m3, com 16,32 de diâmetro e 12,79 m de altura, pressão de serviço de 200 mm. c.a. incluindo 1 ventilador ADF, 1 sistema de fixação ao solo, 2 sistemas de tuba	(unid)					1	125.775,00 €	125.775,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de tocha para fluxo de gás de 300 Nm3/h, capacidade máxima de queima de 5.000 kWpara biogás com concentração mínima de metano de 30 - 50%, temperatura de combustão 1.000 - 1.200 °C e tempo de retenção do gás> 0.3 s	(unid)					1	84.500,00 €	84.500,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Motor com eficiência de conversão de energia de 84% (eficiência térmica de 45% e eléctrica de 38%), com perfil de desempenho de acorod com a ISO3046/1, tolerância de output térmico de +/- 8%, incluindo os permuta	(unid)					1	130.000,00 €	130.000,00 €
TOTAL							759.686,15 €	
Amortização no ano de arranque, para um horizonte de projecto de 20 anos							37.984,31 €	

Custos fixos anuais											
Custos de manutenção (Adaptado de Santos, 2005)									759.686,15 €	2,3%	17.472,78 €
Encargos de operação											
Custos com pessoal											
Engenheiro responsável									,50	1.600,00 €	800,00 €
Técnicos									1,00	1.100,00 €	1.100,00 €
Administrativos									1,00	800,00 €	800,00 €
Operadores									1,00	700,00 €	700,00 €
Total encargos (majoração 25% para encargos adicionais)									1,25	3.400,00 €	4.250,00 €
Custos administrativos (arbitrado com base em Santos, 2005)									1	10.000,00 €	10.000,00 €
Custos com análises físico-químicas (arbitrado com base em Santos, 2005)									1	7.000,00 €	7.000,00 €
Custos de energia (variáveis consoante a tecnologia e tipos de equipamentos instalados)					Calculados de acordo com as potências dos equipamentos instalados e valor de compra de energia à EDP, no modelo construído no software UMBERTO						
Total de custos fixos anuais no ano de arranque					38.722,78 €						

# ETAR ESTE

REFERÊNCIA	MEDIÇÕES						ORÇAMENTO	
	Qtd	Dimensões			Quantidade		Preços	
		Compr.	Larg.	Alt.	Parciais	Totais	Unitários	Totais
TANQUE DE HOMEGENEIZAÇÃO / EQUALIZAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1	13,60	0,1	1,36	1,36	56,00 €	76,17 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage	13,60		0,3	4,08	4,08	300,00 €	1.224,21 €
	(m³) 1 parede	13,0740951	0,35	6,50	29,74	29,74	300,00 €	8.923,07 €
Serralharias								
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.					26	26	12,00 €	312,00 €
Equipamentos								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potencia de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox					1	1	4.580,00 €	4.580,00 €
GRADAGEM E TAMISAÇÃO								
Betão								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)		11,00	0,1	1,1	1,1	56,00 €	61,60 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	1 lage	11,00		0,3	3,30	3,30	300,00 €	990,00 €
	(m³) parede	25,00	0,35	0,54	4,72	4,72	300,00 €	1.415,82 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkot" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	25	2	0,54	26,97	26,97	10,00 €	269,68 €
Equipamentos								
Grade manual com 390 x 1100 mm, executada em barra de aço inox AISI 316 de 20x5 mm, incluindo cantoneira L35x35x5 mm e espigões de Ø 20 mm, ancinho e forquilha	(conj)					2	415,00 €	830,00 €
Fornecimento e montagem de válvulas adufa de comando manual por abertura, com corpo em PEAD de 8 mm de espessura, com as dimensões de 400 x 800 mm incluindo vedantes, com orifício de 200 x 200 mm, a uma distância da base de assentamento no canal de 300 mm	(un)					3	120,00 €	360,00 €
Enxada para retirar resíduos com a largura de 15 cm com inclusão de cabo	(un)					2	7,00 €	14,00 €
Caudalímetro electromagnético para superfície parcialmente cheia, flangeado, PN 10, de DN 200 mm, com sinal de saída de 4 a 20 mA, com totalização à distância	(un)					1	2.930,00 €	2.930,00 €
Fornecimento e montagem de Tamisador com capacidade de retenção de sólidos de diâmetro superior a 6 mm, próprio para o caudal de efluente de 6 l/s, com diâmetro do tambor de retenção de detritos de 400 mm, contendo transportador compactador com parafuso	(un)					1	36.000,00 €	36.000,00 €
Contentor de 700 L em PEAD para detritos sólidos, com 4 rodas em borracha e jantes em polietileno sendo as traseiras equipadas com travão, com protecção UV	(un)					2	320,00 €	640,00 €

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EFLUENTE PARA DIGESTÃO								
<b>Betão</b>								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m³, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	1			0,65	1	75,00 €	75,00 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C25/30-5b e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	(m³)	1			7,28	7	350,00 €	2.450,00 €
Fornecimento, colocação e cura de betão para enchimento do fundo do poço de bombagem e caixa de válvulas em betão de 250 kg de cimento por m³	(m³)	1			0,52	1	75,00 €	75,00 €
Pintura das superfícies interiores do poço de bombagem e câmara de válvulas com 3 demãos cruzadas de "INERTOL POXITAR" ou equivalente	(m²)	1			45,62	46	16,00 €	736,00 €
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de grupos electrobomba submersíveis para esgotos, com impulsores monocanal ou vortex, base de assentamento e acoplamento às tubagens, correntes de suspensão à superfície, e guias, com motores eléctricos trifásicos 400V - 50Hz, de	(un)					2	1.790,00 €	3.580,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>								
Troço de tubo de aço inox com costura AISI 304 L, de DN 80 (Ø ext 88,9 x 2,11 mm de parede), com 1250 mm de comprimento, com flange e ponta lisa soldado a curva a 90°, com flange na outra extremidade.	(conj)					2	410,00 €	820,00 €
Pás-muros em aço inox com costura AISI 304 de DN 80 mm (Ø88,9 x 2,11 mm de parede), com anel de ancoragem, flangeado PN 10, e com 600 mm de comprimento.	(un)					2	600,00 €	1.200,00 €
Válvula de retenção de esfera com tampa de visita em FFD, DN 80, flangeada, PN 10	(un)					2	255,00 €	510,00 €
Válvula de cunha flangeada série curta ISO/DIN, com comando manual por volante, e materiais constituintes interiores compatíveis com esgoto urbano DN 80, flangeada, em FFD, PN 10	(un)					2	198,00 €	396,00 €
Junta de desmontagem auto-travadas, em FFD, flangeada, DN 80, PN 10	(un)					2	325,00 €	650,00 €
<b>Serralharias</b>								
Fornecimento e montagem de lampas para os poços de bombagem e câmaras de manobras, em chapa fibra de vidro pultrudida em quadricula 100x30 chapeada, incluindo sistema de fixação e elevação e todos os trabalhos necessários.	(un)					2	60,00 €	240,00 €
com 1,05x0,80		2			2,00	2	120,00 €	240,00 €
com 1,55x1,05		2			4,00	4	120,00 €	960,00 €
Fornecimento e colocação de degraus em pultrudido, no poço de bombagem e na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	2			13,00	13	12,00 €	312,00 €
Fornecimento e colocação de perfis metálicos UNP 100 na câmara de válvulas, incluindo a fixação à estrutura de betão armado.	(un)	2			1,00	1	32,50 €	65,00 €
<b>Diversos</b>								
Execução de maciços de apoio em betão simples, incluindo todos os trabalhos necessários (apoio acessórios).	(un)	2			2,00	4	25,00 €	200,00 €
Fornecimento e colocação de ralo sifonado de pavimento na câmara de válvulas, incluindo ligação ao poço de bombagem e todos os trabalhos e acessórios necessários.	(un)	2			1,00	1	40,00 €	80,00 €

DIGESTÃO								
<b>Betão</b>								
Fornecimento e colocação de betão de limpeza com 200 kg de cimento por cada m3, incluindo a regularização do aterro de fundação	(m³)	2,00	272,05	0,10	54,41	54,41	56,00 €	3.046,92 €
Fornecimento, colocação, vibração e cura de betão armado em betão C35/45-Xa2 e aço A400NR, incluindo cofragens, ensaios de controlo dos materiais e todos os trabalhos necessários para a boa execução da tarefa.	lages: (m²)	2,00	272,05	0,30	81,61	81,61	300,00 €	24.484,20 €
	paredes: (m²)	2,00	58,47	0,35	9,50	194,41	300,00 €	58.322,96 €
Pintura das superfícies exteriores e interior das paredes com 3 demãos cruzadas de "Flintkol" ou equivalente (emulsão betuminosa ou resina epoxy)	(m²)	2,00	272,046667	2	0,3	326,456	10,00 €	3.264,56 €
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de agitador submersível com a potencia de 2,8 kW, 400 V, 50 Hz, com guia de elevação à superfície, cabo e roldana, velocidade do motor de 894 rpm e hélice de DN 300 mm de 3 pás, com corpo em ferro fundido GG25, veio em aço inox	(unid)					2	4.581,00 €	9.162,00 €
Permutador de calor	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			2	5.000,00 €	10.000,00 €
Cobertura de digestor para extracção do biogás	(conj)		Arbitrado - Não consegui informação			2	10.000,00 €	20.000,00 €
<b>Tubagens e acessórios</b>								
Tubagem em aço inox com costura AISI 304 de DN 100 mm, (Ø 114,3 x 2,11 mm de parede) com ligações soldadas ou flangeadas, para descarga do digerido, no comprimento total de 14,5 m incluindo curvas e acessórios	(conj)					2	820,00 €	1.640,00 €
<b>Secagem</b>								
<b>Equipamentos</b>								
Fornecimento e montagem de centrífuga com capacidade de processamento de 10m3/h, accionada por dois motores de potências 22 e 7,5 kW	(unid)					3	73.200,00 €	219.600,00 €
Fornecimento e Montagem de Cuba de preparação do polieletrólito de 500 l de capacidade, equipada com tremonha de 75 l, executada em aço inox AISI 304, com doseador de pó de 1 a 4 kg /h, com o motor de accionamento de 0,18 kW, com dois agitadores lentos d	(unid)					1	12.040,00 €	12.040,00 €
Fornecimento e montagem de edifício de desidratação, incluindo, betão, serralharias, alvenarias, pinturas e equipamentos sanitários, sala dos quadros electricos, sala de comando e redes interiores	(unid)					1	90.000,00 €	90.000,00 €
Electroventilador centrífugo tipo ECT (Efavec) para montagem no tecto para caudal de 970 m³/h a 30 mm.c.a., com base, suporte e redes de protecção em aço galvanizado, accionado por motor monofásico, 400 V, 50 Hz, de 1 400 r.p.m. e de 0,70 kW de potência.	(unid)					3	240,00 €	720,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Gasómetro com Capacidade de armazenamento de 2.150 m3, com 17,51 de diâmetro e 13,74 m de altura, pressão de serviço de 200 mm. c.a. incluindo 1 ventilador ADF, 1 sistema de acesso a partir do solo 2 sistemas	(unid)					1	130.845,00 €	130.845,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de tocha para fluxo de gás de 300 Nm3/h, capacidade máxima de queima de 5.000 kW para biogás com concentração mínima de metano de 30 - 50%, temperatura de combustão 1.000 - 1.200 °C e tempo de retenção do gás > 0.3 s	(unid)					1	84.500,00 €	84.500,00 €
Fornecimento e montagem (majoração 30%) de Motor com eficiência de conversão de energia de 84% (eficiência térmica de 45% e eléctrica de 38%), com perfil de desempenho de acord com a ISO3046/1, tolerância de output térmico de +/- 8%, incluindo os permuta	(unid)					1	156.000,00 €	156.000,00 €
<b>TOTAL</b>								<b>894.601,19 €</b>
<b>Amortização no ano de arranque, para um horizonte de projecto de 20 anos</b>								<b>44.730,06 €</b>

Custos fixos anuais									
Custos de manutenção (Santos, 2005)							894.601,19 €	2,3%	20.575,83 €
<b>Encargos de operação</b>									
Custos com pessoal									
Engenheiro responsável							1,75	1.600,00 €	2.800,00 €
Técnicos							1,00	1.100,00 €	1.100,00 €
Administrativos							1,00	800,00 €	800,00 €
Operadores							2,00	700,00 €	1.400,00 €
Total encargos (majoração 25% para encargos adicionais)							1,25	6.100,00 €	<b>7.625,00 €</b>
Custos administrativos (arbitrado com base em Santos, 2005)							1	12.000,00 €	12.000,00 €
Custos com análises físico-químicas (arbitrado com base em Santos, 2005)							1	8.000,00 €	8.000,00 €
Custos de energia (variáveis consoante a tecnologia e tipos de equipamentos instalados)							Calculados de acordo com as potências dos equipamentos instalados e valor de compra de energia à EDP, no modelo construído no software UMBERTO		
<b>Total de custos fixos anuais no ano de arranque</b>									<b>48.200,83 €</b>